

間伐の本質に関する研究

坂 口 勝 美⁽¹⁾

目 次

まえがき	3
第 I 部 間伐論	5
第 1 章 間伐の歴史的発展	5
第 2 章 定性的な間伐	12
第 1 節 間伐方法の決定	12
1. 樹型級 (冠級別)	12
2. 樹型級の歴史的発展	12
A. 群落構造的樹型級区分	13
B. 群落構造的および質的標準による折衷的樹型級区分	13
C. 相対的樹高・クローネの発育過程・幹の性状の分離による樹型級区分	13
D. 絶対的標準による区分	14
第 2 節 選木法のちがい	14
第 3 節 定性的な間伐に対する批判	16
第 3 章 定量的な間伐	17
第 1 節 立木密度のちがいによる単位面積あたりの幹材積成長量	17
1. 幹および枝の成長量	23
2. 葉の量	25
3. 現存材積	25
第 2 節 間伐量の決定	25
1. 適正本数によるもの	27
A. 麻生による基準立木本数	27
B. 収穫表を基準とする間伐の指針	27
2. 胸高直径ならびに樹間距離によるもの	27
3. 樹高によるもの	29
4. 胸高断面積合計によるもの	34
5. その他	37
第 3 節 定量的な間伐に対する批判	38

(1) 造林部長・農学博士

第Ⅱ部 間伐の本質	40
第4章 林木の成長論ならびに生産構造	40
第1節 林分の生育過程	40
1. 生育過程	40
2. 立木構成	41
第2節 本数密度比数	42
1. 立木密度のあらわし方	42
2. 本邦主要樹種の最大本数密度	43
第3節 林分生産構造	48
第5章 経営目標のちがいによる森林の保育形式	49
第1節 間伐形式の決定	49
1. 丸太の質的要素	49
2. 間伐形式の諸法則性	52
3. 間伐形式の決定	55
第2節 本邦人工造林保育形式の解析	58
1. 経営目標のちがいによる立木密度基準と保育形式	58
A. 特殊な目標をもつもの	59
B. 建築用製材丸太の生産を目標とするもの	59
C. 優良材の生産を目標とするもの	60
D. 小角材および足場丸太の生産を目標とするもの	60
E. 造船用材を生産の目標とするもの	60
F. パルプ材や坑木の生産を目標とするもの	60
2. 国有林の間伐の解析	61
A. 国家の要請	61
B. 国有林における収穫表の検討	62
3. 本邦有名人工造林地の解析	65
第3節 間伐の指針	75
第4節 間伐に関するこんごの問題点	78
要 約	79
文 献	82
Résumé	91

まえがき

間伐に関しては、すでに 16 世紀において、ドイツ各連邦の森林法に、間伐の規程がみられ、18 世紀に至つて、はじめて G. L. HARTIG が間伐 (Durchforstung) という名称を用いた。それ以来、今日に至るまで世界の多くの学者によつて、間伐に関する試験・調査と論議・主張がつづけられてきた。

わが国では、間伐がすでに 17 世紀に、吉野のスギ人工林で慣行されていたといわれる。いま、植付本数・間伐の開始時期・間伐後に残すべき立木本数・間伐の繰返し期間・主伐の時期と伐期残存本数のちがいによる各種の施業方針を保育形式とよべば、わが国は林業の古い歴史をもち、特にスギ林業については、各地方に有名な人工造林地が発達し、それぞれ独特な保育形式を経験的に発展させてきた。

一方、明治年代の初期、ヨーロッパ大陸の林業・林学が導入せられた以後、1903年にはじめて、寺崎渡によつて信州の浅間山麓にカラマツの間伐試験が開始された。その後、寺崎をはじめ、多くの学者によつて間伐に関する論議と種々の提案がなされてきた。その多くの考え方は、林分が主として競争状態にはいつてから、あらゆる木の姿 (環境型) と素性 (遺伝型) をあわせ考えた定性的な樹型級を、間伐を行なう手段のおおきなきめてとして発展してきたものである。

かくて、わが国では半世紀以上を経過してきたが、近時内外各国ともに各種間伐試験の成績が順次とりまとめられ、本文に述べるように間伐種と間伐収穫・伐期収穫ならびに総収穫量との関係が、いちじるしく明確となつてきた。一方、1932年 BOYSEN JENSEN によつて唱えられた、林木の成長の物質的基礎に関する研究が、漸次活潑となり、また、1953 年以来、吉良竜夫を中心とする研究グループは、1 年生作物につき、本数密度と収量に関する幾多の法則性を逐次見だし、さらに 1938 年中村賢太郎が、千葉県東大演習林に設定したアカマツ立木密度固定試験地は、これらに関し永年作物である林木についても裏付けとなる貴重な成績を提示し、著者らも立木密度のちがう天然林アカマツ林について、年齢を追つて、それらの資料をえた。

そこで、別の観点から、林分がその構成状態によつてあらかず質的・量的なちがいに関する研究を基盤とし、植付けから伐期までの全期間を通じ、間伐後に残存すべき立木本数 (密度) を、その生産目標に応じて調節しようとする、量的 (Quantitative)、あるいは数的 (Numerical) 表示とよばれる、定量的な間伐の方法論が提示されるに至つた。すなわち、生育の全過程の立木密度に合理的な予定表——林分誘導の量的指針を指示し、それを基盤として、間伐の手段を考えようとするものである。したがつて、その内容は林分誘導の予定表を経営の目的に応じて示す、いわゆる間伐指針 (Thinning prescription, Thinning regime)、または保育形式をきめることと、きめられた指針または形式にもとづいて、最も容易で合理的な間伐の手段を考えることが、重視されるに至つた。

とくに、わが国における林産物の量的不足は、構造材も原料材も、ともにつづいているが、とりわけ工業原料材の需要の伸びはいちじるしいものがある。しかも、その内容は林産加工技術の進歩にともない、小径材利用の可能性をいちじるしく高めつつあり、また木材価格における径級格差が縮少してきている。したがつて、このような状況に対応し、樹種、品種ごとに本数密度と林木ならびに林分の生産構造を明らかにし、各種保育形式を確立することは刻下の急務となつている。

このような見地から、本文の第 I 部・間伐論において、これまでの研究のあゆみを内外各国の文献にわたつて総合整理して論評を加え、第 II 部・間伐の本質において、従来の文献と自らの試験調査を基として、

間伐の本質を明らかにし、こんごどのように発展しなければならないかを展望することとした。

稿を草するにあたり、終始ご懇切なるご指導を賜わった東大名誉教授中村賢太郎博士、大きなご援助をうけた東大教授嶺一三博士、現在までの、林業試験場長大政正隆（現東大教授）・斎藤美鶯両博士、林野庁指導部研究普及課長原忠平（現林業改良普及協会）・伊藤清三両氏ならびに東京営林局笠間・千葉両営林署、青森営林局久慈・一ノ関両営林署の関係官に心からの謝意を表する次第である。

また、国有林収穫表調製の原資料を借用したこと、林野庁業務部長植杉哲夫氏から、氏が岩手地方アカマツ林収穫表調製に際して測定された貴重な資料の提供をうけたこと、試験調査には林業試験場の土井恭次・蜂屋欣二（現東北支場）・浅川澄彦・福田英比古（現鳥取林業試験場）諸技官と林静枝（元技官）、別して全体のとりまとめを含めて安藤貴技官の協力をえたことについて厚く感謝の意を表する。

第 I 部 間 伐 論

第 1 章 間伐の歴史的発展

森林保育の経験的考察から、各国とも間伐は自然発生的に古くからおこなわれている。なかでも、ドイツはその歴史が古く、かつ科学的裏付けをおこなった歴史の歩みは、間伐の研究上もつとも尊重される。ドイツにおける間伐の発展は樹型級を基礎とすることを伝統としていたが、その国民性によつて着実に定量的な証明をも築きあげている。

フランスは広葉樹の天然生林分を対象として上層間伐の概念に特異な発達をみせた。デンマークもまたドイツ・フランスとならんで間伐には古い歴史をもち上層間伐から独自の概念に発達している。特に BOYSEN JENSEN (1932) は物質生産の出発点を炭酸同化におき、成長すなわち同化器官の展開と非同化器官の増加を追究し間伐理論に新しい研究分野を開いた。これは近時 MÖLLER らによつて引き続き研究されている。

その他のヨーロッパ各国のうち、スイスはドイツの影響のもとに発展し、フィンランド、オーストリアもまた独自の報告を発表している。オランダとイギリスは、その植民地を背景としての間伐の研究がおおく、いずれも定量的な間伐を強く採用している。特にイギリスはその本国において Forestry Commission が中心となり、定量的に、人工造林地の間伐を一途に推進している。またインド、南阿連邦等では独自の間伐が考察せられた。

アメリカは林業の歴史がきわめて浅く、林業経営の形態を備えたのは、ようやく 20 世紀にはいつからであるが、林業の研究にはめざましい発展があり、各国の粋をあつめて体系づけをおこなっている。しかし広大な国土と積年の伐採地の要造林地や CCC による造林地の手入れなどのため、農民や林業家には平易な育林法を普及する必要上、間伐も定量的な方法が強く研究されている。

日本には吉野をはじめとして、きわめて独自の人工造林地の取扱い方が地方的に発展している。いずれも経験的基礎に発展したもので、定性的、定量的概念が述べられているが、遺憾ながら学問的体系が整っていない。一方明治年間には、ドイツの林業が紹介せられ、その主流のもとに定性的な間伐方式が強くとりいれられ主張されたので、この伝統に対しておおくの批判と提案がよせられているのが現状である。

以下これらの各国について、本論をすすめるのに必要な範囲で間伐の歴史について述べることにする。

ドイツ

KÖSTLER¹¹⁵⁾ はドイツにおける間伐の歴史を、技術的、また生物学的概念の解明という観点から、つぎの 4 期にわけた。

第 1 期 G. L. HARTIG 以前の時代

ドイツにおける間伐作業は 16 世紀にはじまり、1524 年以來ドイツ各連邦の森林法には間伐に関する規程があらわれている¹²¹⁾。1540 年ころから疎開による被圧木の成長促進がおこなわれた。

第 2 期 G. L. HARTIG 時代、ならびに氏と同意見をもつ後継者らによる時代

HARTIG⁸¹⁾ は、はじめて間伐 (Durchforstung) という名称を用い、1791 年にその定義をあらわし、幹級別ならびに幹級による間伐の起源をつくり、間伐作業を系統的に組み立てた。HARTIG の間伐の考え方

は「林冠を疎開しない程度に、成長不良な林木を伐採する」ということで、間伐の後ではさかんに林木が成長することを強調した。このことは特に 1795 年以来 1914 年に至るまでドイツの森林の取扱いに大きな影響をあたえ、その影響はその後にも及んでいる。HARTIG の上層林冠を疎開しないという概念は、同時代の COTTA³⁸⁾、GIMMER、HEYER⁷⁷⁾、FISCHBACH らによつて支持された。しかし COTTA の考えは HARTIG とやや対照的な立場をとり、HEYER も COTTA の“より早く、中庸に、しばしば”という概念を強調した。

METZGER によれば、試験的な間伐は 19 世紀初期に始まつたが、記録的なものは 1861 年ザクセン国で設定せられた間伐試験である。ここで示された間伐度合の表示 (1867) $a \cdot b \cdot c$ はその後一般的に用いられ、現在、弱度、中庸度、強度をあらわすに $A \cdot B \cdot C$ がもちいられる源となつた。この試験の成績は KUNTZ によつてターラント森林年報に続報せられている。

WICHT²⁸⁶⁾ によれば、HARTIG の思想をくむ間伐は利用間伐で、単に瀕死木、枯損木の除去利用で、樹型級は林木の群落的差異を基礎とした。このような幹級は SEEBACH (1844)²⁰⁵⁾、BURCKHARDT (1849) によつて発展された。1872 年にはドイツ連邦林業試験場連合会が成立し、間伐の理論と実験法を研究するため、1873 年間伐および受光伐規約が決議された。この解説は LOREY¹²⁵⁾、SCHWAPPACH²⁰¹⁾、GANGHOFER⁵²⁾ の文献に詳しい。

第3期 G. KRAFT, A. SCHWAPPACH による分析的、典型的研究の時代

1844 年 KRAFT¹¹⁷⁾ は、クローネの優劣を基礎とした幹級の標準を組み立て、これによる間伐度合と間伐作業の新型を公表した。1899 年のドイツ林業試験場連合会で、間伐試験案の改正が提案され、LOREY と SCHWAPPACH が研究委員となり、1901 年に、LOREY、SCHWAPPACH、BENTHEIM が新案を公表した。これにもとづいて 1902 年ドイツ林業試験場連合会で間伐ならびに受光伐試験規約が新たに決議された。これは普通間伐と上層間伐とがドイツ当局に承認せられた歴史的なものである。その翌年 1903 年に第 4 回万国林業試験場連合会がオーストリアで開かれ、ドイツ試験場連合会の編成した新聞伐規約が討議議決された。この幹級は、多くの国の樹型級区分の基礎ともなつたもので、林冠の組成とクローネおよび幹の性質により区分したものである。

第4期 ドイツの歴史的発展の基礎にたつて、強い間伐の実践された時代

1902 年ドイツ林業試験場連合会の間伐ならびに受光伐規約によつて、上層間伐が認められるとともに、下層間伐でも優勢木の一部を伐ることが認められた。上層間伐は 1560 年ころフランスで発達し、デンマークにおいても独自の発達をしていた。ドイツでもプロイセンでは上層間伐式に、樹冠層の上層部からも間伐木を選定することに注意するようになっていた。

MICHAELIS (1907)¹⁴¹⁾ および JUNACK (1924)⁹⁴⁾ は間伐の新しい思想を發表し、HECK (1898)⁷¹⁾ は最も成長旺盛で、優美な樹木の支障となる木を除くという“とらわれない間伐 (Durchforstung aus der freien Hand)”を提唱し、幹級には幹の品質を重視した。なおこのころ BORGGREVE (1891)⁸²⁾ の択伐式間伐と、BUSSE (1935)³¹⁾ の群状間伐が提案された。

一方この時代に特に注目しなければならないことは SCHWAPPACH (1911)²⁰²⁾ による、「強度の間伐は材積成長をますものである」という發表である。

またこの期間にオーストリアの BOHDANECKY (1926)⁸⁰⁾ が比較的強い間伐を試みた。

さらに GEHRHARDT (1925)⁵⁴⁾⁵⁵⁾ の指導のもとに、“成長促進運動 (Schnellwuchs, speed-up growth)”がおこつた。これは最も強度の間伐が最大の材積成長量を示すとし、これを“成長促進作業”とよんだ。

しかるに WIEDEMANN (1932~)^{238) 239) 241) 242)} は、プロシアにおけるブナの間伐試験地の約 50 年間の記録から、SCHWAPPACH の主張とは全く異なる結論に達し、間伐量が一定の範囲内では、強さのちがいや間伐種によつて材積成長量に影響のないことを見だし、その後も引き続き報告し現在に至っている。このことは第 3 章第 1 節で詳しく述べるが、きわめて画期的なことである。

別に、WICHT (1934)²³⁶⁾ は、樹木の優劣を絶対樹高によつて区分し、間伐を客観的定量的なものとするよう努力した。

スイス

スイスにおける間伐は、1884 年 BÜHLER²⁸⁾ 以来系統的なものとなつた。BÜHLER の間伐試験案は、1873 年ドイツ林業試験委員会によるものを多少修正し、強度間伐では優勢木の一部をも伐ることにしたものである。

ENGLER (1903)⁴³⁾ は、これに幹級別の改正を加え、1924 年上層間伐の論文を発表し、優勢木を間伐する保育間伐を提唱し、強度の間伐が平均成長量を増すことを発表した。

また FLURY (1903)⁴⁷⁾ は BÜHLER のドイツ系の利用間伐はスイスの樹種に適しないので、保育を主とする間伐を提案した。

その後 SCHÄDELIN (1931)^{164) 195) 196)} は十進分類法式による画期的な樹型級区分を提案した。

BADOUX (1939)¹⁰⁾ はきわめて弱度の間伐で材積成長量が最高になることを認め、ヨーロッパトウヒで、胸高断面積の減少にしたがい、成長量の減少することを報告した。

デンマーク

HEIBERG⁷³⁾ によればデンマークにおける、間伐と成長量に関する初期の考えは、単位面積あたりの材積成長量は、立木本数に比例するという仮定にもとづいていた。そのため 18 世紀の中ごろには過伐による疎開した森林を閉鎖林分にかえすための努力がなされた。

その後 REVENTLOW¹³¹⁾ は樹間距離と単木の成長の研究にもとづき、早期に間伐をはじめ、しばしばくり返す方式が経済的に有利であると報告した。この概念は半世紀以上にわたり一般に普及しつづけた。特にブナ (*Fagus sylvatica*) について REVENTLOW と OPPERMANN により注意深い強度間伐がおこなわれ、WELLENDORF, SCHRÖDER, ULRICH, KOCH, MÖRK-HANSEN, MUNDT, および MOLDENHAWER らによつてデンマークの各地で実行された¹³¹⁾。特に SCHRÖDER¹³¹⁾ はブナの幹級区分を確立した人といわれている。

さらにドイツにおける SCHWAPPACH, GEHRHARDT らの成長促進作業が提唱されて、デンマークにおける強度間伐の実行は一般的な傾向となつた。このような作業が 1870 年から 1938 年まで続けられ、1885 年以降単位面積あたりの蓄積が減少し、最初の値の少なくとも 30% の低下を伴つたといわれる¹⁴⁹⁾。

その後 MÖLLER¹⁵⁰⁾ は 1932 年以降における諸国の間伐試験に検討を加え、「一定年齢の最大可能胸高断面積の 60~50% 以下に胸高断面積を下げなければ、連年成長量は間伐の割合によつて差があるとはいえない」という普遍的な結論を導いた(第 3 章第 1 節参照)。さらに MÖLLER^{143) 149) 150) 151) 152) 153) 154)} は BOYSEN JENSEN (1932) の “Die Stoffproduktion der Pflanzen” や BURGER (1922~1947)^{29) 30)} の数多くの業績を発展させ、植物の物質生産を基礎とした、従来より一層基礎的な分野から間伐の問題を解析しようとしている。

さらに JAGD⁹⁰⁾ の “積極的間伐 (active method)”, FUNEN, ABELL¹⁾ らによる “waite and see method” などが提唱せられ、また、これらに対立して JUNCKER²⁴⁾ による “択伐式間伐 (selection

thinning)'' が提案されている。

イギリス⁷⁹⁾

NISBET¹⁷¹⁾ によれば、イギリスにおける初期 (1870~1905) の間伐はきわめて強度なものが推奨された。すなわち、BROWN²⁵⁾ はモミとマツの用材生産には、樹間距離を樹高の約 1/3 に保つことを主張した。

しかし当時のドイツで訓練を受けた林業家らはこのような立場に反対を示した。NISBET と SCHLICH は、弱い間伐を推奨し、特に SCHLICH (1910)¹⁹⁷⁾ は間伐につぎの区分をおこなった。

- a) 最大量の材積成長を望むときには、比較的強い間伐をおこなうこと。
- b) 最高度の価値の生産を望むときには、大部分の樹高成長が終わるまでは弱い間伐をおこなうこと。

この影響をうけて弱度間伐が奨励されたが、その結果は密生した造林地がまして、その悪影響はカラマツにあらわれた。

その後再びドイツおよびデンマークの強い間伐の影響を受け、しだいに強い間伐の傾向があらわれた。

特に英領南アフリカにおいて CRAIB (1939)¹⁰⁾ は black wattle (*Acacia mollissima*) で早期に強度の間伐をおこなうことによつて高度の成長がえられることを報告し、さらに *Pinus patula* に適用して好結果をえた。CRAIB の業績は最初本国ではあまり認められなかつたが、1947 年 HILEY⁷⁸⁾ が現地を視察し、その間伐を高く評価し、アメリカの BULL²⁷⁾ もこれを支持した。同様な方法は KENYA においても cypress と pine に用いられて成功した¹⁰⁴⁾。CRAIB の方法は、きわめて定量的で、間伐後に残される本数を規定し、実行が容易になつている。

また MacDONALD¹²⁸⁾ は各種間伐試験の結果から従来より強い間伐を強調した。

HUMMEL (1947)³¹⁾⁸⁴⁾ は強度間伐がより多く間伐材を生産し、また大材を生産することを報告し、多くの永久標準地を設定し、間伐の指針をともなつた収穫表の作製に努力している。

かくてイギリス林業委員会は 1945 年“人工林の間伐”なる間伐指針を作製し、さらに 1951 年にこれを改訂した。

イギリスにおける幹級区分は、インドにおいて CHAMPION⁸³⁾ の発表したものが知られているが、イギリス林業委員会は、1913 年以来、1903 年第 4 回万国林業試験場会議で採用した区分法²⁸⁶⁾ を用い、1923 年以降は SCHOTTE⁴⁸⁾ の方法を、さらに 1931 年には SCHÄDELIN の十進分類法を修正したものを推奨している。

インド⁸⁾ における間伐の研究は 1900 年にはじまつているが、間伐に主要な関心がむけられたのは最近 20 年間である。

樹型級と間伐規程については、1922 年に Dehra Dun でおこなわれた造林協議会 (Silvicultural Association) で承認されたものである¹¹⁸⁾。この樹型級は 1903 年第 4 回万国林業試験場会議で決定されたものに準じたもので、さらに 1921 年来造林会議で新たに討議がつづけられている。

各樹種について多くの永久標準地が設けられ、1934 年には *Cedrus deodora* につき多元収穫表 (multiple yield tables) が調製された。永久標準地は、間伐種、間伐度合、繰返し期間を異にし、これらの成果は逐次発表されている¹¹⁸⁾¹³³⁾。

フィンランド

フィンランドにおいては収穫表が 1916~20 年に調製された。間伐に関しては 1920 年から永久標準地がつくられている⁸⁸⁾。ILVESSALO, (L) は SCHOTTE の間伐方式 (1912)⁸⁷⁾ を改良し 1924 年に新法を提案

した。この方式は ILVESSALO, (L) の死去の翌年 1929 年に発表されているが、独自の樹型級区分として評価されている⁸⁷⁾¹⁹³⁾。さらに, LÖNNROTH (1926)¹²⁴⁾¹⁶⁶⁾ によつて樹型級が提案された。

その後 MIETTINEN (1930)¹⁴³⁾ により ILVESSALO, (L) の間伐成績が公表された。

ILVESSALO, (Y) は 1953 年国際林業研究機構第 11 回会議においてフィンランドの間伐試験の経過を報告した⁸⁹⁾。

フランス¹¹¹⁾

フランスは上層間伐の発祥地で、1560 年すでに TRISTAM DE ROSTAING がこれを実施したといわれている¹¹⁵⁾。RÉAUMUR は 1721 年間伐により低林を高林にかえることをすすめ、また VARENNE DE FENILLE は 18 世紀に、19 世紀とほとんど同じ間伐理論を展開したと HUFFEL は述べている。

LORENTZ (1775~1865) は、ドイツにおいて HARTIG の教えをうけてフランスに帰り “定期的間伐” (periodical thinning) を導入した。

上層間伐については、BROILLARD (1881), BOPPE (1889)¹⁹⁾, JOLYET (1901)⁹³⁾ によりすすめられた。特に BOPPE は “Traite de Sylviculture” を著し、上層間伐の理論的解明と実践をおこなつた。JOLYET⁹³⁾¹⁰⁴⁾ は上層木を間伐することにより優勢木間の競争を減ずると述べた。

なお、フランスでは古くからドイツでなされていたよりも強度の間伐が一般的におこなわれ、“早く、シバシバ” という間伐の原理が実際におこなわれたが、ドイツのように多くの度合に間伐の分類をおこなわなかつた。長期間、フランスでは低林においては中庸度の間伐がおこなわれていた²⁴⁸⁾。

その後 HUFFEL は成長および材積生産に及ぼす間伐の効果を報告した。

ちなみに、フランスでは総収穫材積は、間伐した林分が常に無間伐林分より大きいと信ぜられていた。

アメリカ

アメリカは林業の歴史がきわめて浅く、林業経営の形態をそなえたのは、ようやく 20 世紀にはいつてからである。しかしながら、測樹学的方法論による定量的間伐については見るべきものが多い*1。

アメリカ特有のものとして樹型級区分に HAWLEY のいわゆる冠級区分がアメリカ林業協会の協賛をえて用いられていることと⁶⁶⁾、定量的間伐の一環として間伐の適正樹間距離に、いわゆる “メノコ勘定 (rule of thumb)” といわれるものが広く普及していることである。この規則は HAWLEY ら権威者によつては支持をうけていないが、普及性のある点から広く用いられている。

学問的發展の大要は HAWLEY ら⁶⁹⁾, BAKER¹²⁹⁾ の両著により十分うかがうことができる。

日本^{225) *2}

日本では 17 世紀^{*1)} に “透し伐”^{スガキ} がおこなわれたことが文献にうかがえる。また吉野のスギ人工林では間伐がすでに 1600 年代から慣行されたといわれる¹⁵⁶⁾。江戸時代の後期には各地方で間伐がおこなわれ、種々な名称でよばれている。たとえば、弘前領、秋田、庄内の一部では “勝り伐”^{マサキ}、盛岡領では主として “間剪 (間伐)”^{マサキ}、畿内から中国の一部では “抜伐”^{スガキ}、中国、四国、九州では “間引”^{マサキ} または “間引剪”^{マサキ} といわれた。その他地方によつては “伐透し”^{キリスカ}、 “省け伐”^{ハズ}、 “くけ伐”^{マサキ} とよばれた記録が残っている。

間伐の必要性を述べた記録^{*1~9)} はきわめておおいが、マツの更新地に対しては密生のままおく方が形質成長をよくし、被害を防ぐうに有利だと説いたものは注目に価する^{*10)}。また比較的密植して後に間伐を

*1 特に活潑なのは Southern Forest Experiment Station, New Orleans である。

*2 文献 225) および日本林制史資料には次のような間伐に関する記載がある。

*11 宮崎安貞, 1696 (元禄 9), 農業全書

することにより形質のよいものができる」と説いたものもある*¹¹⁾*¹²⁾。

間伐の度合(程度)としては、間伐後の本数基準あるいは、間伐の歩合または本数を示したもの*¹³⁻¹⁷⁾、間伐木の標準として元口回りを指示したもの*¹⁸⁻²²⁾、直径と本数の関係を示して間引剪の程度を示したものの*²³⁾等がある。

吉野地方は文亀年間(1501~03)にスギ、ヒノキの植栽の歴史をもっているが、その地方にはよるべき文献がなく、おおくの地方からの視察者がその状況を記録にとどめているものがおおい*²⁴⁻²⁶⁾。吉野地方の概要として次のようにのべられている*²⁵⁾。

“元口で径2寸または3寸位に成林したとき1本おきにきり、皮をむき、吉野丸太といつて京都、江戸、大阪等に有利に売れた。3尺おきに植付けたスギを1本おきに伐ると残りのスギは1間おきになる。5年すぎてまた1本おきに伐取り皮をむき床柱となる。このとき残つたスギは2間おきになり成木をまつて板木となる”。すなわち、吉野地方がきわめて密植をしたため初期の間伐はいわゆる機械の間伐によつたものと思われる。

このような記載をはなれて、吉野スギ林の間伐を体系的に述べたものは森¹⁶⁾である。それによると、スギ、ヒノキの間伐は、植栽後14~15年目にはじめておこない、その後伐期100年までに13回の間伐をおこなうのを標準として、その立木規準を示している。その生産目標は、初回から3、4回の間伐材は洗丸太、5~10回の間伐材は丸太、11~13回目は樽丸材または酒桶板類であつた。

選木の標準に関する古い記録はほとんど見られない。

二宮尊徳⁹⁷⁾は“山林を仕立てるには苗をおおく植付けるべし、苗木茂れば供育ちにて生育早し、育つに従い木の善悪を見て抜伐すれば山中皆良材となるものなり、この抜伐に心得あり。衆木に抜んでて長育せ

*⁹²⁾ 山林共進会報告、経験之部紀伊国〔尾鷲地方、1615~23(元和年代)〕

*⁹³⁾ 正徳2年(1712)日記、弘前藩

*⁹⁴⁾ 幕府ヨリ関東筋村々へ達書、寛保年代(1741~43)、幕府林政ノ一斑(雑録ノ内)、大日本山林報告、第7号

*⁹⁵⁾ 明和郡御書附、明和元年(1764)、山口藩

*⁹⁶⁾ 相良文書、安永3年(1774)、人吉藩

*⁹⁷⁾ 七歩三指杉帳、明和年代(1764~71)、人吉藩

*⁹⁸⁾ 明細記、寛政2年(1790)、人吉藩

*⁹⁹⁾ 雑書、文化3年(1806)、盛岡藩

*¹⁰⁰⁾ 民事紀聞、享保10年(1725)陶山納庵、日本経済大典第7卷(享保年代、対馬敵原領内)

*¹⁰¹⁾ 種樹必要、文化6年(1809)、佐藤信淵、佐藤信淵家学全集 下巻

*¹⁰²⁾ 樹芸趣意、文政年代(1818~29)三上源助、弘前藩

*¹⁰³⁾ 山林沿革史、青森県〔宝歴年代(1751~63)、盛岡領田名部代官所〕

*¹⁰⁴⁾ 雑書、文化3年(1806)、盛岡藩(盛岡領三戸代官)

*¹⁰⁵⁾ 杉栗植立留帳、安政元年(1854)、盛岡藩(盛岡領尾去村春木沢御山)

*¹⁰⁶⁾ 杉植立中考、安政5年(1859)、栗谷川仁右衛門山林雑記の内〔安政年代(1854~59)盛岡領内〕

*¹⁰⁷⁾ 山林共進会報告、経験之部〔安政年代(1854~59)尾鷲地方〕

*¹⁰⁸⁾ 御用留帳、天明元年(1781)、庄内藩〔天明年代(1781~88)庄内領〕

*¹⁰⁹⁾ 御用留帳、寛政11年(1799)、庄内藩

*¹¹⁰⁾ 田沢組村村松杉元剪間伐人人横析並雑木剪払願、文化6年(1809)、庄内藩

*¹¹¹⁾ 梶尾神社文書之写、遠藤安太郎〔寛政年代(1789~1800)羽前国〕

*¹¹²⁾ 諸木化立方並杉原立勝り伐取之覚、天保2年(1831)、〔天保年代(1830~43)弘前藩〕

*¹¹³⁾ 御山方一巻、安政5年(1858)熊本藩、〔安政年代(1854~59)熊本領内〕

*¹¹⁴⁾ 大蔵永常、弘化元年(1844)、広益国産考

*¹¹⁵⁾ 奥野隆雄、嘉永2年(1849)、太山の左知

*¹¹⁶⁾ 山元氏記録、安政3年(1856)。鹿児島藩

しと、衆木に後れて育たぬとを伐り取るなり。世の人育たぬ木を伐る事を知りて、衆木に勝れて育つ木を伐る事を知らず、たとへ知るも雖も伐ること能わざる物なり。且つ此抜伐り手後れにならざる様早く伐り後れば大いに害あり”とのべている。

吉野地方では選木を“印付”（痕付け、または痕取り）といい、森¹⁵⁶⁾は選木の注意をつぎのように述べている。“間伐の巧拙によりて樹木の良否と發育の良否を致す。而して間伐は樹木繁茂密接の個所に於ては優木を存し、劣木を間伐するは普通なるも優木のみ密接する場合には優木といえども成木の度合を見計り成木の均一を保ち間伐すべし、この間伐は造林事業に於て最も注意を要す”。

寺崎²¹⁹⁾は明治39年に吉野川流域の間伐法、特に川上村における間伐法の調査をなし、つぎのような分類をしていることを認めた。

(1) 立て木、(2) 暴領、ソエ木、支障木、(3) 中立木、(4) 圧され木、(5) 末止り木、揉み割れ木、曲り木、捻れ木、その他の被害木。

ちなみに、この分類は吉野のスギ林の生産の目的、すなわち樽丸生産が眼目になつてできたものと述べている。

西欧の影響を受けた後の日本の間伐

わが国では吉野のほか、青梅、西川、尾鷲、智頭、日田、飢肥等に古くから有名人工造林地が発達している。しかしいずれも、間伐については林制史的にみて、前述した以外にまとまつた記録を残していない。その詳細については、第5章第2節にゆずるが、これらの林地も、おのおのの市場性のもとに独自の森林の保育形式が経験的に発達していた。これに比べ、国有林における大規模な人工造林は明治以降にはじまつたが、いずれも吉野林業ないしドイツ林業の基礎のもとに展開された。

国有林に対しておこなわれた間伐は、明治36年(1903)長野大林区署内、長野県北佐久郡浅間山麓一帯に植栽したカラマツ林が成林し、間伐実施期にはいつたのを動機に始められた。長野大林区署長白河太郎の提唱により、同署施業按主任技師和田義正、同署造林主任技師小山音二郎、東大農科大学造林学教授本多静六、御雇教師 HEFELE、山林局技師白沢保美、林業試験場寺崎渡が踏査間伐の研究に着手し、この年にわが国最初の間伐試験地が設定された²¹⁸⁾。

寺崎は同地の15年生カラマツ一斉同齡單純林に対し樹型級の分類をおこなつたが、その分類は1902年ドイツ林業試験場連合会決定、さらに1903年第4回万国林業試験場連合会において決議された間伐試験案に準じたもので、1905年林業試験場報告に寺崎式幹級区分として発表された²¹⁹⁾。

その後寺崎はこの型式の間伐を研究し、昭和5年ごろからは複層林に対し各層間伐によつて林の姿に調和を保つことを強調している²²⁰⁾。

寺崎による間伐の思想は、その継承者河田・田中によつてひろく国有林に普及せられたが、その間河田は枝打間伐¹⁰⁰⁾、ならびにフランス JOLYET の広葉樹幹級別を變形した河田式広葉樹上層間伐¹⁰¹⁾を、近藤はデンマーク SCHRÖDER の幹級別を變形し近藤式上層間伐¹¹⁴⁾を、田中は品種間伐²¹⁷⁾を提唱した。

一方かかる定性的な間伐法が実践に客観性を欠く点から、定量的な指針を与えんとする動きがあらわれ、麻生²²¹⁾は本数間伐の基準本数を示し、山崎²²⁰⁾、高村²¹⁵⁾、村田および牛山²²⁸⁾らにより種々定量化の提案が出された。

第2章 定性的な間伐

第1節 間伐方法の決定

1. 樹型級 (冠級別, crown class)

林分における競争の外部へのあらわれは、クローネの相対的な位置と状態である。成長のさかんな木は林冠層において優位な位置を占め、一般に将来の生存競争に対して有利な態勢にある。成長のおちた木は林冠層で低い位置をとりしだいに枯死するようになる。間伐を競争の過程を緩和する目的でおこなわれるものと考えれば、クローネの位置は間伐木と残存木を決定する重要な基準となる。樹型級は間伐の手段として、定性的な見地から出発した。現在までに多くの樹型級が提案された。その理由は次項に詳述するが、樹型級が間伐の主たるキメテであると考えられてきたからである。このような定性的な観点から出発したものを定量的な規準にまで結びつけようとし、また定性的基準を理論的な仕組みにしたものは、分類があまりに細分されすぎて実践的な価値が低くなっている。最近では、次章にのべる定量的な間伐の見方がすすむにしたがつて、別の見地から樹型級がみなおされる傾向にある。

現在最も普遍的に知られているものは次のようなものである。

ドイツ式の樹型級区分

1902年ドイツ林業試験場連合会および1903年第4回万国林業試験連合会の議決にもとづく間伐規程である。

本邦の寺崎式区分(1905)²¹⁹⁾²²¹⁾、およびインドにおいて林業試験場で公表されたものは⁸⁵⁾、この方式によつたものである。

アメリカ式の樹型級区分

HAWLEY (1921)⁶⁶⁾により発表されたものである。

この区分はアメリカ森林技術協会(The Society of American Foresters)の協賛をえて広く用いられている。

SCHÄDELIN氏による十進法式分類

SCHÄDELIN (1931)は十進法を用いて、階級分けをおこなつた¹⁶⁴⁾¹⁹⁵⁾¹⁹⁶⁾。この方法はイギリス林業委員会(The British Forestry Commission)で若干の改定をおこない用いられている¹²⁸⁾。

デンマーク式樹型級区分

SCHRÖDERがブナ林を対象として確立した区分で、広葉樹の間伐に適する¹¹⁸⁾。

フランス式の樹型級区分

JOLYET (1916)により、広葉樹林を対象としてつくられたもので、広葉樹の間伐に適している⁹³⁾¹⁰⁴⁾。

2. 樹型級の歴史的発展*

林分を構成する林木は、生存競争によつて徐々に自然的な変遷をするが、その結果は必ずしも施業目的にあつたものではない。そこで林業家は間伐による人為淘汰をおこない施業の目的にあつた森林に導いている。林木が生存競争の結果を示す現象で目に見えるものは、クローネの相対的な位置と形の変化であり、目に見えないものは年輪密度の多少、根の競合である。ここで間伐は目に見える現象をとおして、すなわち定性的な見方を要素として第一段階の発展をした。

* この項は WICHT²²⁶⁾による。

従来の間伐方法決定の基礎となつた樹型級区分は、つぎのような歴史的発展をみせた。

A. 群落構造的樹型級区分

ドイツにおける初期間伐は HARTIG の思想をくんで、単に瀕死木、または枯死木を除去する目的であつたから、樹型級は林木の群落構造的差異を基礎とするもので十分であつた。保育間伐が進んでも、単に成長の遅滞した林木を除くのみで、人工による間伐で生存競争を緩和させることは比較的少なかつた。

この時代の主なものはつぎのとおりである。

SEEBACH (1844)²⁰⁵⁾ の樹型級別は簡単なものであるが、BURCKHARDT (1849) は、従来の間伐法の起因となる基礎を与えた。1873 年ドイツ林業試験場連合協議会で幹級と間伐度合をきめたが、このときには優勢木の伏採を認めなかつた。

KRAFT (1884)¹¹⁷⁾ はさらに改訂を加え相対的樹高と相対的クローネにより、副林木に相当するものを細分し、級別の所属により間伐作業を幹級と間伐度に組み立て、間伐の発達上画期的な新形式を与えた。これは群落構造的樹型級区分の特色をおびたものの最良の型式と認められている¹⁵⁶⁾。ただし KRAFT の級別はクローネの形質、幹の性質、多節性、病害等の区分に欠けている。

この他に群落構造的差異を基礎とした区分には、SPEIDEL の区分法 (1889)、LOREY の区分法 (1889)、HAUG の区分法 (1894)、スイス式区分法 (1888) がある。

B. 群落構造的および質的標準による折衷的樹型級区分

METZGER^{140) 143)} によるデンマーク式区分法 (Dänische Klassierung) は、価値生産を考慮し、樹型級に幹の価値を評定した。すなわち、木材の利用価値に重きをおき、通直性と斉一なクローネを有するものを主林木とし、この主林木の関係を考慮して各林木の価値を判断するものである。

HECK⁷¹⁾ (1931) は自由間伐を実行するため、KRAFT の樹型級別を補足したが、複雑化をまぬがれなかつた。

1902 年ドイツ林業試験場連合会で決定した区分法は KRAFT と HECK の区分を組み合わせたものである。この区分は、相対的樹高によつて優勢木と劣勢木とを大別した。優勢木をクローネおよび幹の優劣、健全によつて 2 級にわかち、さらに 2 級木をクローネおよび幹の欠陥により 5 種にわけ、劣勢木は被圧その他の因子によつて 3 級にわけた。

C. 相対的樹高、クローネの發育過程、幹の性状の分離による樹型級区分

相対的樹型、クローネの發育程度、幹の性状が樹型級区分の 3 大因子と認められてきたが、その後この 3 因子が分離表示されるに及んで区分はきわめて明確となつた。

SCHOTTE (1912)¹⁹⁹⁾ は 4 段の相対的樹高級を設け最高樹高級の 1/6 を標準として各樹高級を決め、その中をクローネおよび幹の發育程度によつてさらに数級に区分し、かつクローネおよび幹の性質について詳しく区分した。

SCHÄDELIN (1931)^{195) 196)} はスイス在来の区分法を改善し十進分類法を採用した。すなわち、(1) クローネの優劣による生態的位置により 4 級にわかち、それぞれ 100 位の数値で、(2) 幹の形質を 3 級にわけ、10 位の数値で、(3) クローネの形質を 3 級にわけ 1 位の数値で示した。この方法は、きわめて精密で、とくに実験的な仕事の要求に応ずることができる。

HAUSRATH (1933) は SCHÄDELIN の区分法に幹およびクローネの瑕疵の種類による区分を加え、また KRAFT の方法を基礎としてクローネ質または幹質に及ぼす影響を明らかにした。この区分は SCHOTTE の

創案で SCHÄDELIN から HAUSRATH により修正されたものである。

ここで 1902 年ドイツ林業試験場連合会で採用された区分法に対する修正意見がドイツの内外で論ぜられるに至つた。たとえばプロシアにおける WIEDEMANN (1931)²³⁷⁾、英領インドにおける CHAMPION と MAHENDRU (1931)⁸⁶⁾、ポーランドにおける JEDLINSKI と GROCHOWSKI (1932)⁹¹⁾ 等である。

D. 絶対的標準による区分

南アフリカにおいて CRAIB (1933)⁸⁹⁾ は、樹型級の区分にあたり、はじめて絶対的な標準を採用した。これは幹級区分上画期的なものである。クローネは成長力を判定する最良の指標であるとして、クローネ量その幼齢時代は樹高の 1/1、輪伐期半ばには 1/2、輪伐期末には 1/3 に保たせることを図表により示した。

WICHT²⁸⁹⁾ は間伐試験用の新区分を提唱した。そのネライは、定性的な樹型級を客観的なものとするにより、間伐の度合を客観的なものとするのであつた。この区分法は絶対的な樹高級 (Absolute Scheitelhohenklassen) の編成を基礎とし、このおのおのの樹高級をさらにクローネ質級 (Kronengüteklassen) と幹質級 (Schaftgüteklassen) とに分ち、クローネおよび幹に瑕疵のあるものは、略字をもつてこれを表示することとした。

第 2 節 選木法のちがい

間伐の選木法にはきわめておおくの提案がだされているが、明らかに異なる型 (type) にわけられる。それは間伐木の選定が、異なつた主義のもとにおこなわれるもので、次のようにわけられる。

- (1) 下層間伐 (low thinning, thinning from below, German method; Niederdurchforstung; éclaircie par le bas)
- (2) 上層間伐 (crown thinning from above, high thinning, crop tree thinning, French thinning, Danish thinning, thinning in the dominant; Hochdurchforstung; éclaircie par le haut)
- (3) 択伐式間伐 (selection thinning, Borggreve thinning; Plenterdurchforstung von Borggreve)
- (4) 形質間伐 (quality thinning; Qualitäts Durchforstung)
- (5) 機械的間伐 (mechanical thinning)

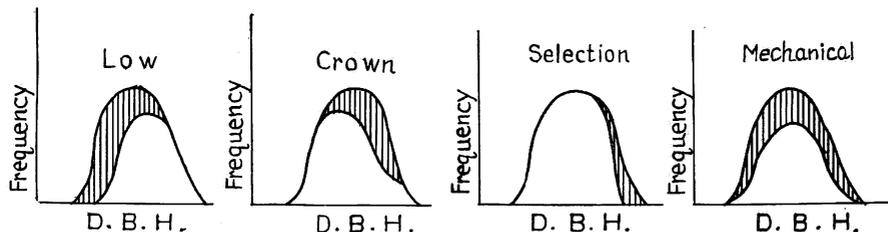


Fig.1 同齡林分に対する直径分配で、実線の部分は 4 つの異なる間伐法に対して間伐される部分である。おのおののばあいにおいて胸高断面積の 1/3 が間伐されるものとしてあらわしている。ただし上層と択伐の間伐では被圧木は除去しないこと、林はいままで間伐されなかつたこと、胸高直径は幹級と密接な関係があるもの、との仮定がはいつている (HAWLEY, SMITH 原図)。

Diameter distributions for the same even aged stand showing, by cross hatching, the parts that would be removed in the four different methods of thinning. In each case about one-third of the basal area is represented as having been removed. It is assumed that no overtopped trees are salvaged in the crown and selection thinnings, that the stands have not been treated previously, and that D. B. H. is closely correlated with crown class.

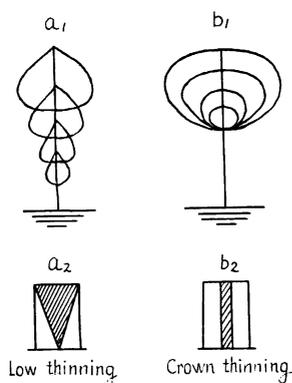


Fig.2 下層間伐と上層間伐との取扱いの相違により個樹のクローネならびに幹の材質に及ぼす影響を模式的に図示したもの(近藤原図)。
 a₁: 下層間伐によるクローネの発達経過
 a₂: 下層間伐による主伐期の幹
 b₁: 上層間伐によるクローネの発達経過
 b₂: 上層間伐による主伐期の幹
 斜線の部分は節の多い材を示す。

A hypothetical example showing how the crown and the wood quality of a tree are affected by different thinning methods of low- and crown-thinning.

- a₁: Development of crown by low thinnings.
 - a₂: Final quality of stem by low thinnings.
 - b₁: Development of crown by crown thinnings.
 - b₂: Final quality of stem by crown thinnings.
- The crossed parts show knotty wood.

これらは林分の構造, 樹種の性質, 生産の目的, 経済性によつてその優劣は決定される。

この5つの間伐方法の特長は種々な因子がかみあわさつており, 簡単に分析するわけにはいかない。

(1), (2), (3) および (4) において, 選木の手段となるものは樹型級であり, (5) では樹間距離である。収穫の点から見れば, 間伐収穫を特に有利にしようとしたものが (3) であり, 主伐収穫の形質に重点をおいたものが (4) である。

まず, 下層間伐 (1) と上層間伐 (2) のちがいをみると, 下層間伐はドイツにおいて発達し, 上層間伐はフランスがその起源となつており, 樹種による生態的性質のちがいが原因でこのような相違ができたと考えられる。近藤¹⁴⁴⁾は両者の間伐法の相違による幹の材質の比較を Fig. 2 によつて説明した。

択伐式間伐 (3) は, 中部ヨーロッパおよびスカンジナビヤの農用林に発祥したもので, ドイツでは BORGREVE²²⁹⁾ によつて, その後スウェーデンでは WALMS その他によつて紹介された。

デンマークでは LORENZEN および JUNCKER⁹⁵⁾ によつて実践され, わが国では奈良県吉野郡上北山村, 三重県牟婁郡五郷村でおこなわれたナスビギリがこれにあたる。

形質間伐 (4) は²¹¹⁾, 一定の立て木を幼齢時代から選定し, 間伐によつて, 伐期に至るまでの年輪幅を一定にするように競争する木を除くものである。RAVE¹⁷⁹⁾ は, 間伐と輪伐期の間に密接な関係のあることをのべ, 形質間伐を実行すべきことを述べている。

機械的間伐^{13) 36) 42) 46)} (5) は, 林分が若く均斉度の高いもので, はじめての間伐でクローネのこんでいるとき, または林が閉鎖しても樹型級への分化がおこなわれないうちに, 1列ごと (line or row thinning) か, 一定の間隔ごと (spacing thinning) に間伐をおこなうものである。

つぎに問題となるのは, 間伐の度合である。上記の型をくずさない範囲で, その度合を強くなる順に A 度, B 度, C 度, D 度, E 度とよんでいる。この間伐度合は樹種 (たとえばカラマツでは C 度), 地位 (たとえば地位のよいところはより強度) 等の相違によつて適宜採択されるもので, 定性的な基準に付随してくるものであるから, これによつてのみ間伐の度合をきめることはむずかしい。したがつて, これらの伝統的な思想にもとづく間伐論者も, これらは度合 (grade) をあらわすものではなく, 間伐種 (kind, type) であるとするばあいもある。

その他の見地に立つものとして, HECK (1931)⁷⁹⁾ は自由間伐を提唱し, まず欠点のない将来木 (伐期収穫木) を選び, これに支障を与える木をまず除去し, その後に不整形木, 悪木を伐採することを強調した。JUNACK (1924)^{94) 96) 216)} は, アカマツ林の成長は葉の総量に支配されることを認め, 間伐の要点は最

少の立木本数で最多の針葉をもたせることであるとして、幼齡林には弱く、壯齡林には強くおこなうことを強調した。この際選木については Нёск の方法と同じである。Busse (1935)²¹¹ は群状間伐を提唱し、間伐の目的物は単木でなくて樹群であるから、樹群について保育すべきであるとして樹群保育 (Baumgruppenpflege) を強調した。

本邦では、寺崎が複層林の間伐²²⁰を、河田が間伐に枝打ちを加味した枝打間伐¹⁰¹を、田中は品種間伐²¹⁷を強調した。

以上はいずれも樹種の生態的、育種の観点および林分の姿からの間伐の方法を論じたものである。

第3節 定性的な間伐に対する批判

樹型級にもとづく間伐法はヨーロッパ大陸とスカンジナビアの経験から誘導されたもので、示された間伐の方法論は全く定性的なものである。

今日までおこなわれてきた間伐種の区別は、樹型級により除かれる木を決めることで、この区別は単に間伐方法の決定にすぎない。

樹型級を示したものは同時に間伐度合を示している。しかし、間伐度合として示されたものの内容は実質的には間伐方法を解説したもので、寺崎式樹型級別にあつては、A種、B種、C種というものは間伐の程度を示すものではなく、間伐種であることを明らかにことわつている。

間伐方法の決定は、特殊な間伐程度を定めなくとも、間接に間伐程度、すなわち間伐量にちがいをともなう。しかし、この間伐量はきわめて彷徨的なものであつて、これを定量的にするには別の見方をする必要がある。この点を列挙すると次のようになる。

- (1) 林分の構成状態がちがうときは、同一の間伐法によつても異なる間伐程度があらわれる。
- (2) ドイツ式の樹型級区分のばあい、ある樹型級は一部の保残が認められているので、間伐者の主観により間伐程度が異なつてくる。したがつて、この種の間伐方法では絶対的な間伐量は決まらない。
- (3) 間伐方法のみの影響を調査しようとするものと、間伐量とは別の問題である。
- (4) KRAFTは間伐の程度を正確に区別しなければ、間伐試験は無価値であるとして、伐除する樹型級を指定した。しかしこの方法も実質的には間伐方法を解説しているにすぎない。
- (5) 樹型級区分は定性的な立場から決められるため、主観をさけることはできない。WICHTは客観的な樹型級区分の確立に努力したが、きわめて複雑な仕組みとなり、施業林の間伐木選定の規準としてはうけいられない繁雑なものとなつた。
- (6) 樹型級による間伐度合は変異が大きく、繰返し期間と間伐度合(間伐種)との関係が不明りよなため観念的な攪乱が生じる。

間伐は最終収穫物に対して緊密な意味をもっている。要求される最終生産物は主として間伐の性質によつて決定される。すなわち、目的とする最終収穫物の要求する因子——フン、完満度、年輪密度、材の大きさ等、および育林過程の要求——の相違によつて間伐は異ならなければならない。

この目的を達成するに必要な林業の処理が定性的樹型級を基礎とする間伐によつてのみ達せられるとは考えられない。ここで従来の伝統的間伐のキハンをたつて、もう一度質的量的考察を加えよう。定量的な間伐量として、全生産系列中に残存する量が決定された時には、間伐木の選定の手段は簡単なものとなる。すなわち、林の生育過程を2段にわけてみると、その1は樹高成長旺盛な段階で、その時代には質を決定する前提での選木が主眼となり、その2は樹高成長のおとろえた後の段階で、その時代には量を決定

する前提の選木が主眼となる。定量的な間伐の発達したイギリスでは次のような区分によつてゐる。

優勢木、準優勢木、劣勢木、被圧木。

アバレギ、ムチ木、枯損木、畸形木、病木。

さらに間伐に際しては、2つの大きな要素を分離して考えている。その1は質的な考慮である。そのためには早期に価値の低い木、たとえばアバレギ、傾斜木、二又、曲がり木、被害木、粗大な枝条をもつものなどを取り除く。かくて、林分の初期は林冠の大きな疎開をさけながら、立木の枝下高をあげることに注意しなければならぬ。その2は量的な考慮で、ある目的にそう林分を実現するための、伐期までの各段階における立木本数の調節であつて、これは各段階にどれくらいの本数を ha あたりに残すかということに帰結される。

第3章 定量的な間伐

第1節 立木密度* のちがいによる単位面積あたりの幹材積成長量

すでに述べたように、各国とも間伐は自然発生的に古くから研究がおこなわれたが、これに、科学的な研究がおこなわれるようになってからの間伐研究の方法論を大きく分類してみると次のようになる。

- (1) 経験的基礎による間伐の実践
- (2) 樹型級を基礎とする定性的間伐法の発展
- (3) 測樹学的方法論を基礎とする定量的間伐法の発展
- (4) 林分の生態学的ならびに測樹学的方法論による 林分生産構造に関する 法則性を基礎としての発展

間伐論に関するその内容は関係因子がきわめて多く、間伐に関する科学的な討論の初期から今日に至るまで終始一貫して論議された大きな課題として、つぎの2つがある。

- (1) 地位ならびに林分の構造、特に樹種のちがいがついでいかなる選木法が最も合目的であるか？またその選木法は経済的観点からちがつた立場でみることができ、また植付本数と密接な関連のもとに経営目標によつて森林保育の形式が異なり、かつこれが集約度によつてどのように乱されるか？
- (2) 間伐によつて前収穫がえられることと、残存木の個樹の価格成長は期待できるが、これを林分の総幹材積収穫量としてみた場合、主・間伐合計の材積成長にどんな動きがあるか？

* 立木密度 (grade of density; Bestockungsgrad) は単位面積上にたつ立木の疎密の程度を示すものである。

これをあらわすのに、絶対的な term として、林分で直接測られた数字で、他の林分と関係なく示されるものと、相対的な term として、ある基準数値に対する相対的な数字で表わされ、他の林分と相互に比較できるものがある。この密度を標識するのに、クローネの占有面積、胸高断面積、材積、立木本数および立木密度指数 (stand-density index) 等がもちいられている。

立木密度がどの要素によつてあらわされるかを明らかにするため嶺¹⁴⁵⁾ は日本林学会が文部省の諮問によつて学術用語の統一を審議した際につぎのように提案した。

材積密度 (従来材積による立木密度にあたる)

断面積密度 (断面積の比率による密度)

クローネ密度 (従来ウッペイ密度にあたる)

本数密度 (立木本数の密度)

したがつて本論文においては単に立木の疎密の程度をあらわすばあいには立木密度をあてているが、特に立木密度がどの要素によつてゐるかの論議には、この提案にしたがつて、その内容を明らかにすることとした。

しかし REINEKE による stand-density index は立木密度指数と訳してある。

第1項については、前章第2節で論評した。

ここでは定量的間伐論にはいる前に、立木密度のちがいにより単位面積あたりの幹材積成長量を明らかにすることとしたい。

19 世紀までの間伐の考え方

ドイツにおいては HARTIG (1796)⁶⁹⁾ が幹級ならびに幹級区分による間伐の起源をつくつたことはすでに述べたが、その間伐は林冠を疎開しない程度に成長不良な林木を伐採するものであつた。したがつて ENGLER⁴³⁾ は、このドイツ初期の間伐に対して利用間伐 (Nutzungsdurchforstung, 枯らしてはつまらないから、枯れないうちに利用する意味) という名称を与え、後におこつたクローネの上層部をも疎開する保育間伐 (Erziehungsdurchforstung) と対象させた。その後の、1873 年ドイツ林業試験場連合会で決められた間伐規約も、林冠の閉鎖をやぶらないという HARTIG の思想にもとづいていた。

デンマークにおいては間伐が始められた初期における間伐と林分材積成長量に関する概念⁷³⁾¹⁸⁴⁾ は単位面積あたりの材積成長量は立木本数に比例すると考えられていた。

1811 年 REVENTLOW¹³¹⁾ は樹間距離のちがう単木の成長の研究にもとづき、早期に、しばしば間伐を繰り返す方式が経済的に有利であると唱え、OPPERMANN, WELLENDORF はこの考えによる間伐を実行した。

フランス²⁴⁹⁾ では古くから上層間伐が発達していたが、間伐をおこなつた林分は最終収穫において良質の林木が多くなり、間伐をおこなつた林分の最終収穫に間伐木を加えたものは常に無間伐林分より大きいと考えていた。

しかし、イギリスでは間伐はきわめて強度のものがナラ類のみならずモミヤマツにも推奨されていた。モミヤマツは樹高の約 1/3 の樹間距離がとられていた。

20 世紀初期の間伐の考え方

イギリスにおいては初期の強度間伐は、ドイツで学んだ林業家たちにはうけいれられなかつた。特に NISBET¹⁷¹⁾ と SCHLICH¹⁹⁷⁾ とは弱度間伐の価値あることを主張した。SCHLICH¹⁹⁷⁾ は、大量の木材生産を望むばあいは比較的強い間伐をおこない、よい形質の林木の生産を望むばあいは樹高成長の大部分が終わるまでは弱い間伐がよいと述べた。

しかるにヨーロッパ大陸において 19 世紀の終わりから 20 世紀にかけて、立木本数と材積成長との関係について新しい考えがおこつた。それは単位面積あたりの成長量は、間伐による本数の減少とともに著しく増加するというものである。

すなわち、ドイツでは 1902 年のドイツ林業試験場連合会における間伐規約において、上層間伐の承認とともに、下層間伐においても優勢木の一部を伐ることが認められ、1903 年の第 4 回万国林業試験場連合会においてもこの間伐規定が議決された。

SCHWAPPACH (1911)²⁰²⁾ は、40 個のプロシアのブナ林標準地の約 30 年間の間伐試験の結果を発表し、強度の間伐をおこなうことにより、平均成長量を増すことが可能であると結論した。すなわち、林分は間伐により取り除かれた材積を成長によつて回復し、その成長増加は間伐による材積減で示される間伐度合にはほぼ比例的であると判断され、この考えは権威ある科学的支持をうけた。SCHWAPPACH は強度の間伐をおこなうことにより、I, II, III 等地では約 16%, IV 等地については 12%, また V 等地では 7% の平均成長量をますことが可能であろうと結論した。

さらに GEHRHARDT⁵⁵⁾ の指導のもとに“成長促進運動”がおこつた。これは 1930 年、GEHRHARDT が開

伐度合をちがえたものにもとづいて収穫表を発表し、最強度の間伐が最大の材積増加を示したので始まつた。この影響をうけて、かなり強い間伐がおこなわれた。

1930 年以降の間伐の研究

MÖLLER は 1932 年以降におけるデンマークの多くの広葉樹の間伐試験地の結果を検討した。これにその他の資料を加えて概説することとする。

強度間伐で材積成長の最高点をみつけたと考えたものは、BOHNEBUSCH²¹⁾, ASSMANN⁵¹⁾⁷⁾ である。

しかし HENRIKSEN (1951)⁷⁵⁾ は、Sitka spruce で間伐度合が高まると *Formes annosus* の被害をうけ、林分の状態は、最強度の間伐が最も貧弱であると述べた。

きわめて弱度、または無間伐で材積成長の最高点をみつけたと考えたものは、PETTERSON¹⁷⁸⁾, BADOUX¹⁰⁾, LÖVENGREEN^{126) 127)} らである。

間伐試験の結果、MÖLLER と NIELSEN¹⁵³⁾ は、ブナとヨーロッパトウヒでは断面積合計が 1933 年の MÖLLER の収穫表の 75~80% 以上ある林分においては、間伐度合と成長の間にかなる相関も認められなかつた。また HENRIKSEN⁷⁵⁾ は、幼齢ブナ林につき acre あたり 129~54 sq. ft. の断面積合計では間伐度合と成長の効果についてなんらの傾向も見いだせなかつた。またデンマークの林業試験場でおこなつたブナ林の間伐試験の結果は平均して無施業区において成長が大となる傾向が認められた。しかし、1951 年 HENRIKSEN はこの試験の校正を発表し、“無施業区と間伐区の材積成長量は注目すべき差がほとんどなく、さらに調査期間を通じて間伐区と無施業区の総生産材積の差について詳しい計算をすることは不可能に見える”と述べた。

1947 年 MÖLLER と HOLMSGAARD¹⁵²⁾ とは、1930 年 MÖLLER によつて始められた上層間伐、下層間伐、および択伐式間伐の試験結果をとりまとめた。それによれば連年成長量は 3 法とも事実上同一であると述べている。

ナラ類についての観察によると断面積合計と成長の間には正の相関関係が認められる^{126) 127) 153) 243)}。

MÖLLER¹⁵⁴⁾ はこのような、デンマークならびに国外の多くの間伐試験に検討を加え“一定年齢の最大可能の断面積合計の 60% 以下に間伐をおこなわない限り、連年成長量は間伐の度合によつて差があるとはいえない”という結論に達した (Fig. 3 参照)。

WIEDEMANN は 1932 年²³⁸⁾ プロシアにおける間伐林分からえられた約 50 年間の測定値について論評し、さらに 1951 年²⁴³⁾ アカマツとトウヒにつき、間伐の強さは間伐収穫を含む全生産期間の材積収穫の多少に影響をおよぼすものでなく、差があつてもせいぜい 10~20% 以内でおおむね誤差の範囲であると述べた (Table 1 参照)。

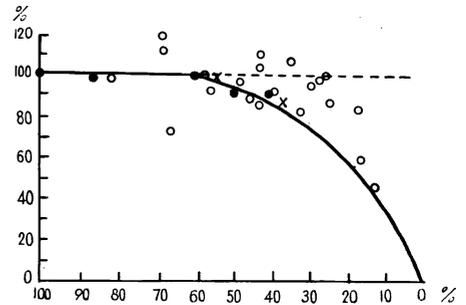


Fig. 3
間伐度合と連年成長量の関係 (MÖLLER 原図)
タテ軸は同一年齢における最大連年成長量の百分率として成長を示す。
ヨコ軸は同一年齢における最大可能の胸高断面積 (または材積) の百分率を示す。
●, × はドイツおよびデンマークの試験地からえられた結果を示し, ○は MÖLLER の原図に BAKER がアメリカにおける資料をプロットしたもの。

Relation between current annual increment and degree of thinning. The ordinate denotes the increment as a percentage to the maximum increment of the stand at the same age. The abscissa is the basal area or volume as a percentage to the greatest possible basal area or volume at the same age. The signs (●, ×) denote the results of selected German and Danish experiments by MÖLLER. The sign (○) denote the results of selected American experiments by BAKER.

Table 1. 間伐の相違と材積成長量との関係 (中村¹⁶⁸⁾の抜萃から)
The relationship between volume increment and different thinning degree.

收穫量 Yields	樹種 Species	アカマツ Pine		トウヒ Picea		備考 Note
		弱度間伐 Light thinning	強度間伐 Heavy thinning	弱度間伐 Light thinning	強度間伐 Heavy thinning	
間伐材積 (m ³) Thinned volume	60年まで Under 60 yrs.	148	213	160	264	伐期 Final cutting アカマツ 140 yrs. pine トウヒ 120 yrs. Picea
	60~100年 60~100 yrs.	202	218	304	333	
	100年以後 Over 100 yrs.	173	163	191	135	
	合計 Total	523	594	655	732	
主伐材積 (m ³) Final yield		459	372	767	644	
総收穫材積 (m ³) Total yield		982	966	1,422	1,376	
間伐材積の割合 (%) Percentage of thinned volume to total yield		53	61	46	53	

幹級ならびに幹級区分による間伐の起源を作つた HARTIG⁹³⁾ とここで述べた WIEDEMANN の間伐についての考え方を、ブナとヨーロッパトウヒの本数によつて比較すると Table 2 のとおりである。

Table 2. ブナとヨーロッパトウヒ林の立木本数 (KÖSTLER の抜萃から)
Tree numbers in stands of Spruce and Beech.

林齢 Age	ブナ Beech				ヨーロッパトウヒ Spruce			
	HARTIG		WIEDEMANN 1931		HARTIG		WIEDEMANN 1936	
	土壌 Soil		強度間伐 Heavy thinning		土壌 Soil		強度間伐 Heavy thinning	
	良好 Good	中庸 Average	I	III	良好 Good	中庸 Average	I	III
40	7,200	8,000	2,447	4,078	7,200	7,200	1,416	2,347
60	2,400	3,200	883	1,784	2,400	2,400	772	1,112
80	1,200	1,200	346	557	1,200	1,200	332	491
120	162	253	203	294

わが国では河田¹⁰⁵⁾ が 1929 年、29 年生スギ林に実施した間伐試験を 1950 年林齢 50 年でとりまとめた成績によれば、間伐の方式 (寺崎式 B 種間伐, フランス式上層間伐, 折衷式各層間伐) のちがひによつて総收穫材積に大きな差がないと報告した。

その他、立木密度により単位面積あたりの成長量に差があるとはいえないとする資料は PEARSON¹⁷⁶⁾, スイスの SIHLWALD の間伐試験地⁸⁹⁾, BAKER^{11) 12)} および SCHÖBER¹⁰⁸⁾ によつて示されている。なお VANSELOW²³²⁾ は、ドイツで一般におこなわれていた種々の間伐方法では、木材の全生産量については効果がほぼ同じであり、停滞せる林分以外は材積成長を増すことなく、強度間伐は成長の減退をなすと述べている。

本数密度と生産量についての最近の研究

成立本数と生産量との基礎的な特性については、成長量が完全にはかられる 1 年生作物 (トウモロコ

ン²⁶⁾, サトウダイコン²⁶⁾, 綿¹³⁹⁾) について多くの報告がある。

BAKER¹²⁹⁾ は永年作物である林木を対象とし、1年生作物でえられた資料を総合して、模型的に Fig. 4 のような仮説曲線を描いている。

第1区画は孤立的な状態で単位面積あたりの生産量は本数とともに比例的に増す。第2区画では干渉ははじまる。しかし林分は、まだ立木本数が少ないので、本数のますにしたがつて収穫がます。しかし個体の大きさは孤立的なものに比べれば減じている。第3区画では曲線はほとんど平らで最大の生産を示す区域である。この範囲内で密度の低いところは個樹が大きく、密度の高いところでは個樹は小さいが、面積あたりの生産量には大きな差がない。最後の第4区画は“過密林分”といわれるもので、個樹の本数は多いが葉面積は明らかに少なく、個樹は弱々しく、地下では根系が表層だけしか利用していないものである。

このような関係は林木でも大体いえるが、大きさと本数の関係は林分の履歴に関係し、年数の経過とともにかわるのでその関係を追求することは一層困難である。もし樹高成長が与えられた林分で、ほとんど同じものとすれば、全材積成長は胸高断面成長と同じような型で密度とともに変化する。いいかえれば、もし仮定が確実で、立地・年齢および林分構成が同じであれば、全材積成長は広範囲の林分密度にお

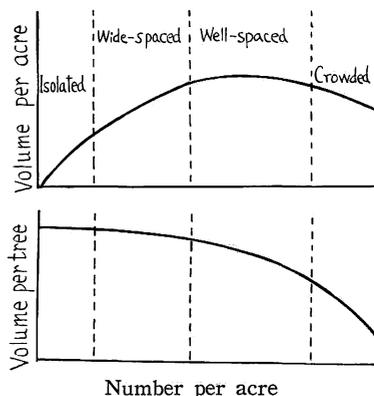


Fig. 4 任意の同一年齢における個樹の間隔距離 (ha あたり本数) と ha あたりおよび 1 本あたりの連年成長量との関係 (BAKER 原図)

Current annual increment per ha and per tree for any given year as related to the growing space per tree.

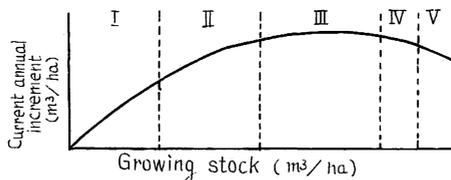


Fig. 5 材積で測られた立木密度と、材積成長の関係 (LANGSAETER の仮説による)

密度型 I では林分の個樹はいちじろしく離れているので互いに影響がなく成長は立木材積に比例する。密度型 II では競争がいくらかはじまり、林分材積の関係とくらべ成長の割合はいくらかへることを示す。密度型 III は立木蓄積の広い範囲内でみられるもので、成長材積は立木蓄積の変化に関係がない。間伐の一般的目的は蓄積をこの範囲内に保つことである。密度型 IV と V とは極度の競争の影響を受け、密度のますとともに成長がへる。密度 V は“停滞”の状態をあらわすものである。もし両方が胸高断面積で測られたとしても林分密度と成長の間には恐らく同じ関係があるろう (LANGSAETER 1941, HAWLEY, SMITH 1954 より)。

Relationship between density of stocking, measured in cubic volume, and growth in cubic volume, as postulated by LANGSAETER (1941). In Density type I the trees stand so far apart that they do not influence each other and growth is directly proportional to the volume of growing stock. The effect of slight competition in Density type II is indicated by a declining rate of increase in increment with respect to stand volume. In the broad range of stocking indicated by Density type III, increment of cubic volume is virtually independent of variations in stocking; the usual objective of thinning is to keep the growing stock somewhere within this optimum range. In Density types IV and V the effects of extreme competition are reflected in a decline in growth with increasing density. Density type V corresponds to the condition of stagnation. It is probable that a similar relationship exists between stand density and growth if both are measured in terms of basal area.

いて一定であり、最適であるべきである。

この仮説は、LANGSAETER (1941)⁶⁹⁾¹²¹⁾ によつても、Fig. 5 のように示されている。

吉良ら¹⁰⁷⁾¹⁰⁸⁾ は、1年生作物を植栽密度 ($d: 1 m^2$ あたり本数) をかえて生育させたとき、ある時点での平均個体重 (W : 平均乾燥重) との間に次式のような一定の函数関係のあることを認めた。

$$Wd^a = K$$

(a, K: 常数)

この a を吉良たちは競争の度合をあらわすメジルスシとし、競争密度指数 (competition-density index, C-D index) とよんだ。

上式は $\log W = -a \log d + K'$ となり、 W, d を両対数上にとれば直線を示す。

ダイズその他の実験によれば、成長開始時にはどの個体も密度による差はないが、成長がすすむにつれ密度の高い方からしだいに競争がはじまり、競争状態にはいつてからの直線のかたむきは、生育のすすむにつれて大きくなる。すなわち、a の値は成長の段階がすすむにつれ大きくなり、競争部分と無競争部分をむすぶ変曲点は密度の低い側に移行していく。しかし a は 1 以上になることはない。

単位面積あたりの収量を Y とすれば、 $Y = Wd$ であるから、 $Yd^{a-1} = K$ が成り立つ。これを収量密度効果式 (yield-density effect equation) とよんだ。

この式は $\log Y = (1-a) \log d + k'$ と書きなおせる。ここで生育の初期における個体の無競争時代、すなわち、 $a=0$ のばあいには、この直線は両対数上で \propto 軸に 45° の傾きを示す。しだいに競争状態に入ると単木のばあいの変曲点がやはり変曲点となつて、無競争部分は 45° の傾きであるが、競争のおこつた部分での直線の傾きはゆるくなる。このような過程では $a < 1$ で、密度の高いほど収量 Y は大で、密植の有利なことをあらわす。生育が進むと $a=1$ となり、 $Y=K$ 、すなわち収量は植栽密度に関係なく一定となる。

以上の関係は植栽密度と個体、または単位面積あたりの成長量との関係の基本となる一般的な法則で、植物全体重のみならずおのおの部分重でも成立し、乾物重でも生重でもよくあてはまる。

佐藤ら¹⁰⁹⁾ は 1938 年中村の計画にもとづきアカマツ 1 年生苗を 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 m の植付距離で植付けられた林分につき、1950 年 10 月の調査結果を Table 3 のとおり報告している。

Table 3. アカマツ人工林の幹と枝の総生産材積 (1950) (佐藤らの表 9 を表 8a により計算したもの)
Total produced volume of boles and branches in pine (*Pinus densiflora*) artificial forests.

区 分	樹間距離 Spacing (m)	幹 Boles		枝 Branches						幹+枝 Boles + Branches		胸 高 断面積 合 計 Basal area (m ²)
		材 積 Volume (m ³)	%	いまある量 Remaining		落ちた量 (推定) Lost (estimated)		合 計 Total		材 積 Volume (m ³)	%	
				材 積 Volume (m ³)	%	材 積 Volume (m ³)	%	材 積 Volume (m ³)	%			
単 木 Per tree	0.5	0.0107	74	0.0014	10	0.0024	16	0.0038	26	0.0145	100	
	1.0	0.0146	70	0.0029	14	0.0033	16	0.0062	30	0.0208	100	
	1.5	0.0261	67	0.0072	18	0.0058	15	0.0130	33	0.0391	100	
	5.0	0.0427	60	0.0213	30	0.0069	10	0.0282	40	0.0709	100	
ha あたり Per ha	0.5	137.14		18.44		30.80		49.24		186.38		31.17
	1.0	119.90		21.50		26.30		47.80		167.70		29.83
	1.5	114.19		29.54		25.01		54.55		168.74		29.56
	2.0	109.50		52.33		17.48		69.81		179.31		27.37

これによると全生産材積は区によつてちがいがあるとはいえないが、幹材積材のワライは立木密度が高いほど多いことは明らかで、このことから立木密度によつて生産物の幹と枝へのワカレかたがちがつていると考えられる。

また、立木密度 (N) と幹と枝の材積 (x) の間には $\log N = -b \log x + K$ の関係が認められ、 $b = 0.97$, $K = 6.09$ をえた。さきに述べた C-D index (a) とは $a = \frac{1}{b}$ であるので $a = 1.03$ となる。したがつて $Nx = K$ で収量一定が成立している。

筆者ら¹⁸⁹⁾ は人工による立木密度試験地を設定し、定期的なこれを追跡するかわりに、現実林分において各樹高階ごとに立木密度の異なるところを選定し、立木密度のちがいによる成長論と生産構造の一端を考察する方法をとつた。もちろん、これらの資料は林分の過去の履歴が明らかにされていないが、過去の取扱いのちがいによる攪乱を避けられる範囲内にできるだけそろつた樹高階と階階を Table 4 に示すように選んだ。

Table 4. アカマツ天然生林調査林分の林齢、樹高および本数密度
Age, height, and density of sample stands, pine (*Pinus densiflora*) natural stands.

場 所 Locality	林 齢 Age yrs.	平均樹高 Avg. height cm	プロット 数 No. of plots	密度範囲 Range of density No./ha
栃木県芳賀郡益子町笠間営林署管内笠間経営区 National forest, Mashiko town, Haga district, Tochigi prefecture	61	$\frac{6}{5 \sim 6}$	6	2,000 ~ 36,000
	62	$\frac{8}{7 \sim 9}$	7	1,000 ~ 125,000
	63	$\frac{13}{12 \sim 14}$	10	300 ~ 27,000
岩手県九戸郡侍浜村侍浜村牧野組合地 (旧久慈営林署北野山国有林) Private forest, Samurahiama villege, Kokonohe district, Iwate prefecture	187	$\frac{12}{10 \sim 14}$	16	300 ~ 32,000
岩手県磐井郡前田野村一ノ関営林署一ノ関アカマツ総合試験地 National forest, Maesawa villege, Iwai district, Iwate prefecture		$\frac{13}{13 \sim 14}$	5	400 ~ 25,000

1. 幹および枝の成長量

(a) 単木 (Fig. 6, 7, 8 参照)

1954 年度の当年成長量をタテ軸に、立木密度をヨコ軸に両対数上に図示すれば Fig. 6, 7, 8 のとおりである。幹材積は樹高階 0.9, 1.3, 2.4 m では密度の増すにしたがつて直線的に減少し、樹高階 4.9 m, 7.8 m では密度 1,000 本/ha のところに屈曲点があり、それより密度の低い側では、密度にかかわりなくほぼ一定であり、密度の高い側では密度の上昇とともに直線的に減少する傾向がある。

枝材積は、幹のばあいの屈曲点が一ノ関では見られるが、他はいずれも密度の増加とともに直線的に減少し、

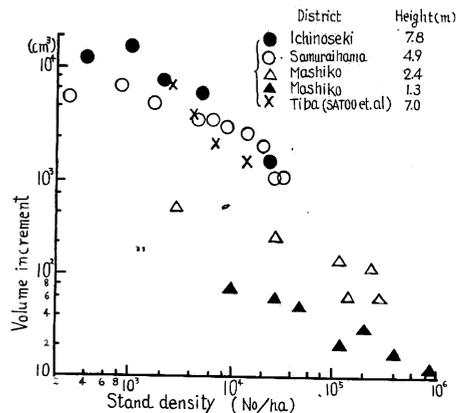


Fig. 6 本数密度と幹材積年成長量(1本あたり)
Relation between the stand density and the current annual increment of bole volume per tree.

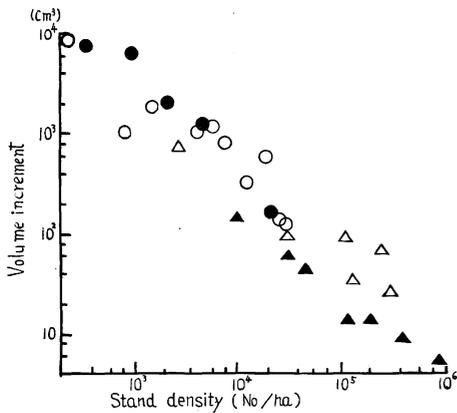


Fig. 7

本数密度と幹材積年成長量 (1本あたり)
Relation between the stand density and
the current annual increment of branch
volume per tree.

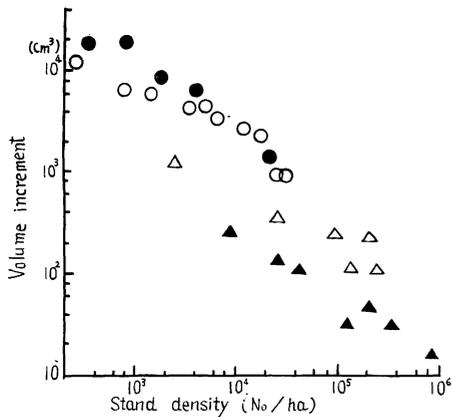


Fig. 8 本数密度と全材積 (幹+枝) 年成長量
(1本あたり)

Relation between the stand density and
the current annual increment of total volume
(bole+branch) per tree.

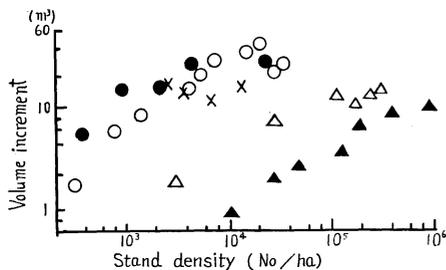


Fig. 9 本数密度と幹材積年成長量 (haあたり)
Relation between the stand density and
the current annual increment of bole
volume per ha.

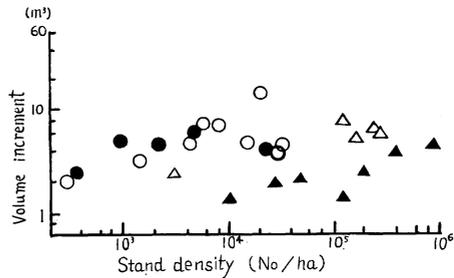


Fig. 10

本数密度と枝材積年成長量 (haあたり)
Relation between the stand density and
the current annual increment of branch
volume per ha.

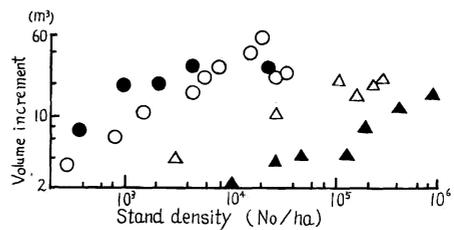


Fig. 11 本数密度と全材積 (幹+枝) 年成長量
(haあたり)

Relation between the stand density and
the current annual increment of total
volume (bole+branches) per ha.

その傾きは幹よりも大きい。

幹と枝の材積合計、すなわち、全材積のばあいには量的に多い幹の傾向が強くあらわれるから、幹に似た傾向を示す。

(b) 単位面積あたり (Fig. 9, 10, 11 参照)

1 ha あたりの量を図示すると Fig. 9, 10, 11 のとおりである。

幹では、密度の増加とともに直線的に増加するようであるが、4.9 m と 7.9 m の樹高階では単木のばあいの屈曲点がここにもあらわれており、屈曲点より密度の低い側での直線の傾きより、密度の高い側での傾きがゆるくなっている。また、7.8 m 樹高階ではその傾きがヨコ軸に対し一層ゆるやかになる。

枝では 0.9, 1.3, 2.4 m 樹高階で、密度の増加とともに高くなる傾向があり、4.9, 7.8 m 樹高階では、密度 1,000 本/ha の付近を境として、それより密度の高い

側は密度にかかわらず一定になる傾向を示している。

全材積は単木のばあいにはべたとおり幹の傾向に依っている。

2. 葉の量

(a) 単木：葉の乾量と立木密度との関係を両対数目盛にとつてみると、立木密度の増加とともに葉の乾量は直線的にへるが、7.8 m 樹高階では 1,000本/ha のところに屈曲点があるようだ。ただし益子の 1.3 m と 2.4 m 樹高階では、高密度のところでは傾斜がきわめて緩となる。

(b) 単位面積あたり：立木密度の増すとともに、直線的に増す傾向があり、直線の傾きは樹高階の進むほどゆるやかである。

3. 現存材積

現存材積は、いままでの成長過程の集積であるから過去の立木密度などの環境条件による影響が大きくひびいていると考えられるが、立木密度と現存材積との関係は、年成長量と同じような傾向がうかがえた。

以上の結果を考察すると、アカマツでは、樹高階 5~8 m のときには、立木密度 1,000本/ha 程度まででは、立木相互間に干渉がはじまっていないということになる。1,000本/ha は平均樹間距離は約 3.3 m で待浜の樹高 4.9 m に対しては 67%、一ノ関の樹高 7.8 m に対しては 42% となる。

さきに述べた吉良らの競争密度指数が永年作物である林木についても求められると、立木相互間の干渉がはじまる林分の大きさと、立木密度の関係が明らかとなり、干渉によつて林分生産構造がかわり、その結果生産物の配分状態がかわり、幹の大きさと形質に大きなちがいが出てくることを追究するのに都合がよい。

一般の施業林で取り扱われる立木密度の範囲内で、取量に密度のちがひによつて差がないということになれば、間伐の問題は、目的とする形質の材を最大かつ短期間にえられる過程を研究することとなる。

第2節 間伐量の決定

定性的な間伐の考え方は、さきに述べたとおり、林分が主として競争状態にはいつからあらわれる木の姿(環境型)と素質(遺伝型)を勘案して間伐の手段とするものである。しかし、樹型級に基礎をおいた各種の間伐では、取り除かれる樹型級については詳細に述べているが、その本数についてはふれていない。また、間伐の間隔については、単に“早く、しばしば、数多く”という抽象的表現に終わっている。この欠点を補うには、適切な定量的な根拠を与えなければならない。

定量的な間伐は、別のオーダーから、林分がその構成状態によつて全く質的量的なちがひを示す生態学的・測樹学的な法則性によつて、伐期までの全生産期間を通じての立木本数(密度)を調節しようとするもので、“量的(quantitative)”または“数的(numerical)”表示とよばれる。

定量的な間伐には本数基準を用いるものと、さらにその基準を別の尺度におきかえたもの等、これまた多くの提案がなされている。

そこで、定量的な間伐を論ずる前に、あらかじめ2つの大きな分析をしておきたい。

その1は林分誘導の予定表で、これは間伐指針(thinning prescription, thinning regime)とよばれるものを決めることであり、その2は、きめられた間伐指針にもとづいて最も容易で合理的な間伐の手段を考えることである。

定量的な間伐では、この両者をわけて考えるばあいと、同時に論議の対象とするばあいがある。間伐指針は、立木密度試験や間伐試験等の直接方法によるものと、多くの標準地資料の解析に育林学的考察を加

Table 5. 標準立木本数
The standard tree number.

樹種 Species	地位 Site quality 疎密 Spacing 林齡 Age	上 Good			中 Moderate			下 Poor		
		密 Dense	中 Mo- derate	疎 Sparse	密 Dense	中 Mo- derate	疎 Sparse	密 Dense	中 Mo- derate	疎 Sparse
スギ SUGI*	15	2,500	2,000	1,600	3,000	2,500	2,100	3,600	3,000	2,600
	20	2,000	1,500	1,100	2,200	1,800	1,500	2,800	2,300	1,900
	25	1,600	1,200	900	1,700	1,400	1,150	2,200	1,800	1,400
	30	1,300	1,000	750	1,400	1,150	950	1,850	1,500	1,150
	35	1,100	850	650	1,250	1,050	850	1,600	1,300	1,000
	40	1,000	750	550	1,150	950	750	1,450	1,200	950
	50	850	650	450	1,050	850	650	1,300	1,050	850
	60	800	600	400	1,000	800	600	1,200	1,000	800
	80	750	550	350	950	750	550	1,150	950	750
	100	700	500	300	900	700	500	1,100	900	700
ヒノキ HINOKI*	15	3,400	2,700	2,200	4,000	3,300	2,700	5,000	4,000	3,200
	20	2,400	1,800	1,300	2,800	2,200	1,700	3,600	2,800	2,200
	25	1,800	1,200	800	2,000	1,500	1,150	2,600	2,000	1,500
	30	1,300	900	650	1,500	1,150	850	1,900	1,500	1,250
	35	1,100	800	550	1,300	1,000	750	1,600	1,300	1,000
	40	950	700	500	1,150	900	650	1,400	1,150	900
	50	800	600	400	950	750	550	1,200	1,000	800
	60	750	550	350	900	700	500	1,100	900	700
	80	700	500	300	850	650	450	1,050	850	650
	100	650	450	250	800	600	400	1,000	800	600
アカマツ AKA- MATSU*	15	4,000	3,200	2,600	5,000	4,000	3,200	6,000	4,800	3,800
	20	2,800	2,100	1,500	3,500	2,600	1,900	4,000	3,000	2,200
	25	1,900	1,300	800	2,300	1,600	1,000	2,600	1,900	1,300
	30	1,300	900	600	1,600	1,100	700	1,900	1,400	950
	35	1,000	700	450	1,200	850	550	1,450	1,100	800
	40	800	550	350	1,000	700	450	1,200	900	650
	50	600	400	250	750	550	350	950	750	550
	60	550	350	200	700	500	300	900	700	500
	80	500	300	150	650	450	250	850	650	450
	100	450	250	100	600	400	200	800	600	400
カラマツ KARA- MATSU*	15	2,500	1,800	1,200	2,900	2,200	1,600	3,500	2,700	2,100
	20	1,800	1,300	850	2,100	1,600	1,200	2,600	2,000	1,500
	25	1,350	950	600	1,700	1,300	900	2,000	1,600	1,250
	30	1,100	800	500	1,400	1,050	700	1,700	1,400	1,100
	35	900	650	450	1,200	950	600	1,500	1,200	950
	40	800	600	400	1,050	800	550	1,300	1,050	850
	50	700	500	300	850	650	450	1,100	900	700
	60	650	450	250	800	600	400	1,000	800	600
	80	600	400	200	750	550	350	950	750	550
	100	550	350	150	700	500	300	900	700	500

* SUGI: *Cryptomeria japonica*, HINOKI: *Chamaecyparis obtusa*,
AKAMATSU: *Pinus densiflora*, KARAMATSU: *Larix leptolepis*

- (1) この表は、農林省山林局(1943)、立木度比較試験方法書から抜萃したものである。
(2) 麻生は、間伐後の適正本数として、この表の疎密欄中に該当するものを、収穫表調製資料とつぎのような各樹種の性質を考えあわせて暫定した。

樹種 Species	幼齡時代 (ほぼ 30 年まで) Before 30 yrs.	中年以降高齢まで After 30 yrs.
スギ SUGI	中 Moderate	比較的密 Comparatively dense
ヒノキ HINOKI	やや密 Rather dense	やや疎 Rather sparse
アカマツ AKAMATSU	密 Dense	疎 Sparse
カラマツ KARAMATSU	やや疎 Rather sparse	疎 Sparse

- (3) この表は、農林省山林局において一斉林の保育として適正な立木本数を究明するため立木度比較試験地を設置し、特に立木の疎密が林分材積成長および林分構成因子である個々の木の形質におよぼす影響を調査するため立案したものである。

(1) This table was abstracted from the comparative test plan on the stand density (Scheduled by Forest Agency, 1943).

(2) No. of trees after thinning was determined by Asoo, based on the yield-plot values collected for preparing the yield tables, and the following characters of each species.

(3) This table was prepared to establish the comparative test plots of stand density for the study of proper stand density, especially for studying the influence of different stand densities on the stand volume increment and quality of individual trees.

える間伐法によるものがある。前者は同一環境で正確な調節のもとに、異なる技術を、繰返しによつて比較することは長時間を要し不可能にも近く、後者は時間的には早い各種の因子がまざつて、分析に困難が伴う。いずれにしても、要求される生産物(丸太)の種類、間伐方法、育林的取扱い、および地方的な自然環境などに影響されるので、その最終的決定はきわめて困難である。そのため、現在では同一取扱いをうけた数多くの林分から帰納的にえられた収穫表を間伐指針とすることが多い。これは現段階においては、そのような取扱いをうけた林分については望ましい立木密度を示すが、これは間伐というきわめて複雑な問題に対し研究が進展するまでの指針として助けとなるものにすぎない。その他胸高断面積合計 bole area 等を間伐量決定の要素とする場合もあるが、いずれも長時間をかけて解決しなければならないことに対する断片的な傍証を与えているに過ぎない段階である。

以下項を追つて定量的な間伐の手段を解説し、最後に一括批判したい。

1. 適正本数によるもの

適正な立木本数は、樹種、地位、林齢のほかには伐期齢と生産目標とを考慮しなければならない。

A. 麻生による基準立木本数²⁹⁾³⁾

麻生(1942)は、樹木の理想的な形態は立木度によつて誘導しようと考えた。そこで収穫表調製の標準地資料を基礎とし、これに樹種の個性および形状の林齢による変化を考究し、地位別、林齢別の適正本数表を決めた。これを Table 5 に示す(この表は 60 年以後の本数が多すぎると批判されている)¹⁶⁷⁾。この適正本数表は、長伐期施業による長幹無フシの用材生産を目標とし、全国的視野にたつて決められた。実践にあつては、該当の地位、年齢ごとに適正本数相当の残存木を目標として間伐木を選定し、具体的な選木には樹型級による選木法を適用し、これを本数間伐とよんだ¹⁶⁷⁾。

B. 収穫表を基準とする間伐の指針

ふろくに調製されたわが国の収穫表は、主林木本位につくられたものが多く、副林木は申し訳的なものが少なくない。しかし伐期が高いときは、間伐収穫の総収穫に対する割合がきわめて高く、このことについて中村¹⁶⁵⁾は強く警告した。

その後 1938 年の山林局業務課の企画による収穫表の調整にあつては、収穫表を保育指針に活用することの重要性が指摘され、1949 年以降林野庁から発行された収穫表はこのことに十分留意している。

この収穫表を基礎として、間伐の実行に際し、現地に携行し、任意の林齢、地位に対する間伐の指針として活用できるように間伐指針表がつくられている例もある¹⁸⁰⁾。

国有林の収穫表は“林野庁、昭 24.4 決定、昭 27.8 改正：同齢単純林の林分収穫表調製要綱”によつている。要綱によれば、主林木とは、樹種、地位に相応した間伐を施行したばあい残存される林木であり、副林木とは、その際伐採される林木であると定義されている。なお間伐は原則として寺崎式 B 種を標準としている。林野庁発行の収穫表は、5 年ごとに示されているので、この要綱から解すれば、主副林木合計は間伐前の林木本数が与えられていることになる。したがつて、間伐の繰返し期間が 5 年以上のばあいは、収穫表の主林木本数よりさらに少ないものが適正本数となるべきであろう。

2. 胸高直径ならびに樹間距離によるもの

HAUG (1889)⁶⁴⁾⁶⁵⁾ は、間伐は平均樹間距離によつて定めることとし、この平均樹間距離の規準は収穫表から求めることとした。

KOJESNIK (1898)¹¹²⁾ は、樹種および地位別に、単位面積あたりの最多の材積と最高の価値ある林木の

本数を考査すれば、その変異は一定の狭い範囲内にあるとした。そこで、法正閉鎖状態にある林分を樹種別、年齢別および地位別に実査し、林木の平均占領面積を決め、WIMMENAUER の平均直径対立木本数の法則を適用して、法正本数と収穫表を調製した。しかして間伐後の間隔には平均樹間距離を用いた。

MITCHELL (1943)¹⁴⁶⁾ は農民が間伐をおこなうためには実行容易な指針を与える必要があるとして“D + 6 規則”をつくりこれを“メノコ勘定 (rule of thumb)”となづけた。これは、間伐後に残される適当な樹間距離 (ft) は、林分の平均直径 (D in) に常数を加えたものの絶対数を ft で示したものに等しいということである。この規則はアメリカ農務省発行の収穫表²³⁰⁾にもとづく、与えられた任意の平均胸高直径 (in) における $acre$ あたりの主林木本数は樹種^{*}、年齢、地位のいかんにかかわらず大体同じで、かつ ($D+4$) ft の樹間距離をもつ林分に一致することを見いだした。これに間伐後の好ましい胸高断面積合計を勘案し ($D+6$) 規則を唱えた。

しかし longleaf pine では地位の悪いところで著しくはずれる等かなり論議の余地がある。

$D+x$ は x の値が一定であるから、これから導かれる胸高断面積はしだいに増す。しかし年齢が高くなると増す割合がへる傾向にあるので、後に述べる間伐後の胸高断面積を一定に保たせようとするばいは、 $D \cdot x$ の形をとらねばならぬ。この場合 $acre$ あたり 90 $sq. ft$ では $x=1.75$, 150 $sq. ft$ では $x=1.35$ となる。この方法は現在アメリカで多くの実践書^{231) 235)}に採用されているが、間伐の権威者 HAWLEY はあまり高く評価していない。

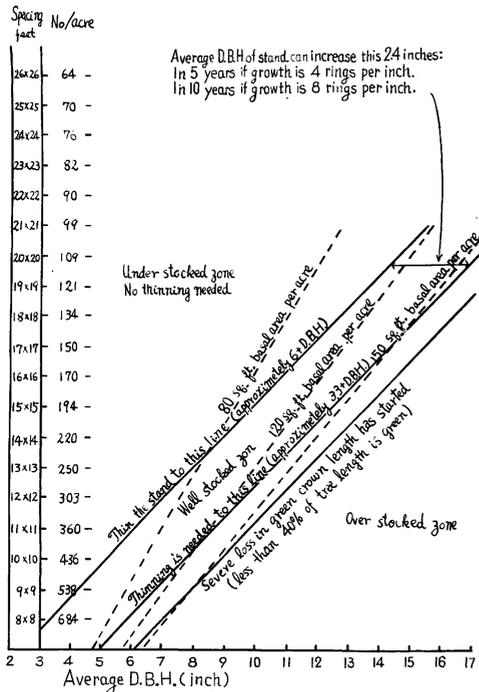


Fig.12 エーカーあたり本数、樹間距離および胸高断面積の概数と間伐の関係を示す線 (AVERELL 原図) Curves showing number of trees per acre, their spacing, approximate basal area, and need for thinning.

AVERELL⁹⁾ は、テーダマツの幼齢林の調査から胸高断面積合計の最大は $acre$ あたり 150 $sq. ft$ で、120 $sq. ft$ に達したならば残存木が 80 $sq. ft$ になるまで間伐することが好ましいと述べ、胸高直径対樹間距離 ($D+x$) 座標により ($D+x$) を平行線であらわし、Fig.12 に示すように $D+6$ を間伐開始線、 $D+6$ と $D+3.3$ の範囲を適当な立木密度帯、 $D+3.3$ より狭い樹間距離区を過剰本数として有効な間伐をするための手段とした。

MULLOY (1946)¹⁶¹⁾ は REINEKE の立木密度指数 (第 4 章第 2 節参照) を尺度とし、両対数上に平均胸高直径と単位面積あたりの本数 (または樹間距離) の関係線を、(1) REINEKE の立木密度指数で 200~400 と、(2) 胸高断面積 80~200 $sq. ft$ を保つ直線で示し、これを基準として、間伐の密度をあらわすことを提案した。これらの線を比較すると $D+2$ のみが REINEKE の立木密度指数 300 と一致することがわかる。MULLOY の原図は Fig.13 のとおりで、この方式によつて植杉によるアカマ

* 樹種についてはその後多くの人によつて異なる価がだされている。

ツ収穫表の資料をいれると Fig. 14 に示すようになる。

牛山 (1954)²²⁹⁾ は樹種が同じであれば、胸高直径の等しい林木には、常に等しい占有面積を与えても支障がないとして、胸高直径と、これから求められる適正樹間距離にもとづき、間伐をおこなうこととした。実践には種々の注意を与えているが、ある木を伐ることによつて、それを列上にはさむ残存木間の距離が適正樹間距離の1.5倍をこえるときは、過伐になるので伐るのを見合わせる等がその一例である。間伐木は隣接木との相対的な優劣によつて決め、樹型級は、よい木、なみの木、わるい木の3分類に簡易化した。

3. 樹高によるもの

同年齢で同地位にある林分でも、その疎開の程度で直径、完満度、枝下高が変わる。しかし樹高は育林的立場からみれば、その変異を無視してもよいとされている。したがつて、この樹高によつて間伐の基準をきめようとする考え方があつた。

イギリス式、または幹距式間伐法とよばれるものは、立木の平均間隔を樹高との関係で示し、これによつて間伐しようというものである²⁵⁾。この方法は KÖHLER (1919, 1923)^{115) 116)} が提唱したもので、法正な閉鎖状態の林分においてはクローネ幅、樹高および本数の間には一定の関係が成立することを見いだした。そこでクローネ幅と樹高との関係から立木本数を算出し、これを間伐の標準とした。すなわち、

$$\text{クローネの最大直径} = \text{樹高} \times 1/6$$

なることを見いだし、

$$\begin{aligned} \text{立木本数} &= \frac{\text{林分面積}}{\frac{\pi}{4} (\text{クローネの最大直径})^2} \\ &= \frac{\text{林分面積}}{\frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{36} (\text{樹高})^2} \end{aligned}$$

で示される立木本数を樹高本数と名づけた。

HART⁶⁰⁾ は KÖHLER について樹高階本数間伐法 (Höhenstammzahldurchforstung) とよぶものを提唱し、間伐程度について客観的なものを与えようとし

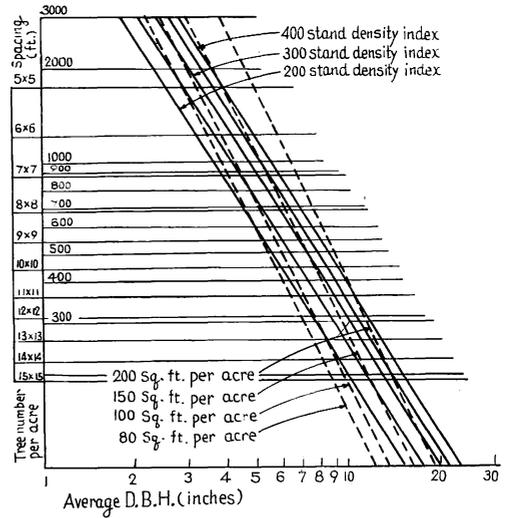


Fig. 13 平均胸高直径樹間距離および立木密度指数の関係 (MULLOY 原図)
Relation among average diameter, spacing, and stand density index.

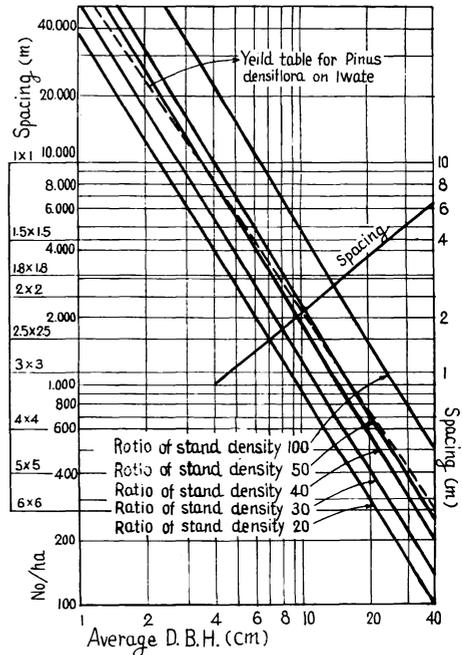


Fig. 14 平均胸高直径、樹間距離および本数密度比較の関係 (MULLOY の提案に岩手地方アカマツ林分収穫表の数値を加えた)
Relation among average diameter, spacing, and ratio of stand density; yield table for *Pinus densiflora* in Iwate forest district was quoted by MULLOY's suggestion.

た。まずクローネと上層高の関係から、三角形配置にしたときの本数を算出した。間伐程度は生育面積直径によって計算された。

WILSON (1946, 1951)^{244), 245)} は間伐後の林分の平均距離を樹高の一定の分数で示すことを提案した。spruce や fir のような耐陰性の樹種は樹高の 1/6~1/7, white pine は 1/5~1/6, jack pine のような陽樹では 1/4~1/5 に保つべきであるとして次式により ha あたりの本数をあたえた。

$$n = \frac{10,000}{(hf)^2}$$

n : $1 ha$ あたりの立木本数, h : 優勢木の樹高 (m), f : 樹種に特有な樹高の分数

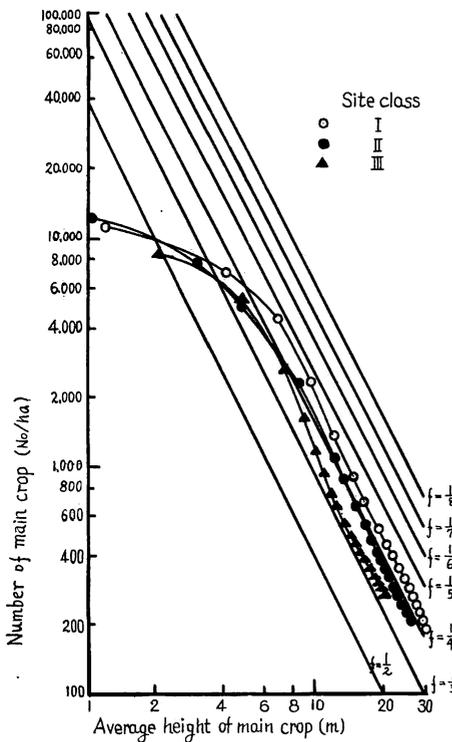


Fig. 15 WILSON 氏式による主林木平均樹高と主林木本数の関係

Relation between average height and number of trees per ha (Yield table for *Pinus densiflora* in Iwate).

WILSON's formula $N = \frac{10,000}{(hf)^2}$

h/f	1	10	20	30
1/2	40,000	400	100	44
1/3	90,000	900	225	100
1/4	160,000	1,600	400	178
1/5	250,000	2,500	625	278
1/6	360,000	3,600	900	400
1/7	490,000	4,900	1,225	544
1/8	640,000	6,400	1,600	711

この式は両対数上に f 値ごとに、一定の傾きをもつ平行線で示されるが、 f が一定であれば、 nh^2 は定数となる。このような地位、林齢を消去した樹高のみによる基準が法正立木本数の法則として採択されるか否かは、くわしい実験を要するが、WILSON は多くの収穫表と比較し支持される値をえている。植杉の岩手地方のアカツ収穫表による著者の計算によると、Fig. 15 に示すとおり f が 1/3 と 1/5 の間にあり全体として 1/4 を与えている。

HUMMEL (1953)⁸³⁾ は 1953 年ローマで開かれた国際林業研究機構連合の第 11 回会議でつぎのように発表した。林分密度指数は、平均樹高の百分比であらわされる平均樹高距離に基礎をおく。このばあい樹高は ha あたり 250 本 (エーカーあたり 100 本) の優勢木平均でできる⁶⁰⁾。

平均樹間距離は林分における立木配置は規則的ではないので、3 方向または、4 方向の平均をとる。平均樹高の 20% に相当する樹間距離を間伐後の“標準樹間距離 (standard spacing)” 1.0 とし (この割合で間伐された区は C/D 度に対応する), この倍数を蓄積指数とよんだ。すなわち、蓄積指数 0.5 は E 度, 0.75 は D 度, 1.5 は C 度, 2.5 は B 度, そして 4.0 は A 度に対応するものとして、種々の樹高における ha あたり立木本数を Table 6 のように表示した。なお、間伐の繰返しは、つぎの間伐前まで林分の密度を高めることが許される立木蓄積指数を示すか、高さによつてその間隔を規定することとした。後者によるときは樹高が 2 m 増すごとに間伐することが標準区に対して好ましく、このばあいの間

伐規準は Table 7 のようになる。

Table 6. 種々の樹高に対する *ha* あたり立木本数と立木蓄積指数
Several stock index and no. of trees per *ha* for different heights.

立木蓄積指数 Stock index	樹高に対応する <i>ha</i> あたり立木本数 No. of trees per <i>ha</i> for different tree heights					対応する間伐度合 Thinning grade
	樹 高 (m) Height					
	10	15	20	25	30	
0.5	1,250	556	312	200	139	E
0.75	1,875	833	468	300	208	D
標準 (Standard) 1.0	2,500	1,111	625	400	278	C/D
1.5	3,750	1,666	938	600	417	C
2.5	6,250	2,778	1,562	1,000	695	B
4.0	10,000	4,444	2,500	1,600	1,112	A

Table 7. 蓄積指数 1.0 のばあい、樹高 2m 増すごとに繰り返す間伐表
Thinning table for every 2 m of height growth especially in the case of stock index 1.0

樹 高 Height (m)	間伐後の <i>ha</i> あたり本数 No. of trees per <i>ha</i> after thinning	間 伐 Thinning	
		<i>ha</i> あたり本数 No. of trees per <i>ha</i>	間 伐 率 Thinning ratio
		10	2,500
12	1,736	764	30.6
14	1,276	460	26.5
16	977	299	23.4
18	772	205	21.0
20	625	147	19.0
22	517	108	17.3
24	434	83	16.1
26	370	64	14.7
28	319	51	13.8
30	278	41	12.9

国際林業研究機構連合第 11 回会議第 22 部会²²³⁾*では、国際立証試験としてつぎのことが間伐に関し論議された。

(1) 若い林分においては、密度の相違に影響されるから、密度を比較する標準を見つけることが必要である。その密度は、取扱い、環境要素のちがいをよく反映するものでなければならぬ。このような比較標準が得られれば、逆にある標準に密度を誘導して、目的とする林分をうる方法を与えることができる。

(2) 林分密度の比較標準としては、*ha* あたり林木の高さ/本数の指数が助言される。樹高は間伐の前後によって同じである優勢木の高さによる。

(3) 林分全面積を 100 *m*² の補助正方形にわけ、この区域の優勢木の全体の平均を $\bar{h}d$ とする。この区域の最小なものとして 6×6 *m*² をすすめている。

(4) オランダにおける調査によると、優勢木の高さと、1 本の木が最も適当な条件で成長するに必要な平均面積との間には、次のような関係があるように見える。

$$n = \frac{\delta \cdot A}{(\bar{h}d)^2}$$

n: 立木本数, δ : 密度指数, A: 林分面積 (*m*²), $\bar{h}d$: 優勢木の高さ (*m*)

(5) *ha* あたりの立木本数 (N) に対しては、

* この報告は IUFRO 第 22 部会の要請により Dr. B. VEEN によりなされたものである。

$$N = \frac{10,000 \delta}{(\bar{h}d)^2}$$

(6) 林分材積表の資料とオランダにおける調査とから、幼齡時代の最適密度指数は、*Picea Abies* 31~39, *Pinus silvestris* 25~31, *Larix decidua* 20~25 である。

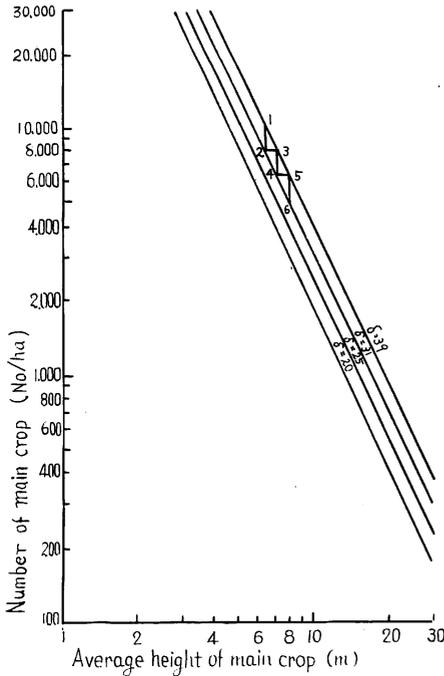


Fig. 16 主林木平均樹高、主林木本数および密度指数の関係
Relation among average height, number of trees per ha and density coefficient.

$$n = \frac{10,000 \delta}{(\bar{h}d)^2}$$

N: No. of trees per ha.

δ: Density coefficient.

hd: Average height of main crop.

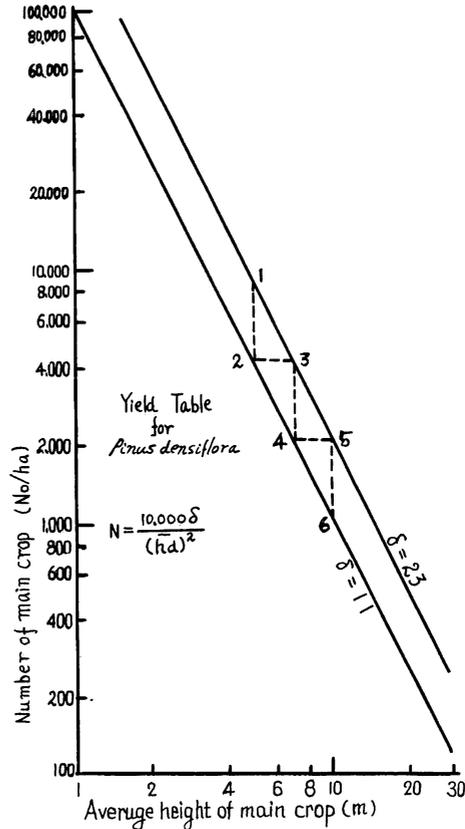


Fig. 17 岩手地方あかまつ林分材積表の主林木平均樹高と主林木本数および密度指数の関係
Relation among average height, number of trees per ha and density coefficient;
Quoted from yield table for *Pinus densiflora* in Iwate forest district.

(7) 第 5 項の関係は両対数上に直線でひかれ、この図表から ha あたり本数が直ちにきまる (Fig. 16 参照)。トウヒは最適密度指数が、31~39 であるから、最初の本数を 10,000 本とすれば、その優勢木が 6.25 m の樹高に達するまで間伐をまつて (立木密度線 39 上の 1), 7,800 本に減じ、(31 線の 2) 再び優勢木が 7.20 m を示す (39 線上の 3) まで間伐をまち、順次これにならう (植杉の岩手地方アカマツ林分材積表による著者の計算によると、Fig. 17 に示すように最適密度は 11~23 の間となつた)。

(8) この方法はどれだけの木を残存するかを示すにすぎない。どの木をとり除くかについては、一般的には上層間伐を助言するが、マツやカラマツに対しては強度の下層間伐を助言する。

(9) 立木本数が最適立木密度の上部限界をこしているばあいには間伐回数をふやし徐々に近づける。

(10) 優勢木の樹高の 3/4 以下のものは本数に勘定しない。

(11) この方法は理想的ではないが、立木密度を調節する際、比較標準を与えるのに非常に有益である。

ここで単位面積あたりの立木本数と樹高のとり方に関する諸報告を整理しておきたい。

(1) 1 ha (または 1 acre) あたりの立木本数 (N) を示す式

1 本の木が占有する面積, すなわち, 生育面積 (growing space) は現実的には樹間の平均距離 (D) であらわされる。この場合単位面積を本数で除し, それから平均樹間距離をあらわすのに次の 3 つの解釈がある。

	公 式	報 告 者
(a) 正方形の一辺と考えるもの	$N = \frac{10,000}{D^2} \text{ (m 単位)}$	WILSON ²⁴⁴⁾
	$N = \frac{43,560}{D^2} \text{ (ft 単位)}$	VEEN ²³³⁾ GEVORKIANZ ⁵⁷⁾
(b) 円の直径と考えるもの	$N = \frac{10,000}{\pi/4 D^2} = \frac{12,732}{D^2} \text{ (m 単位)}$	BAKER ¹²⁾
	$N = \frac{43,560}{\pi/4 D^2} = \frac{55,460}{D^2} \text{ (ft 単位)}$	HILEY ⁷⁹⁾
(c) 正三角形の一辺と考えるもの	$N = \frac{10,000}{1/2 D^2 \sqrt{3}} = \frac{10,000}{0.87 D^2} = \frac{11,500}{D^2} \text{ (m 単位)}$	BECKING ¹³⁾

このうち植付本数の算定に, わが国では (a) が用いられている。

(2) 平均樹高のとり方

(a) 林分の優勢木の平均樹高をとるもの——WILSON²⁴⁴⁾

(b) 100 本の最大木の平均樹高すなわち上層高をとるもの——FORGUSON⁴⁵⁾, HUMMEL⁵⁸⁾

これらの相違は伐期の最後まで存する木を想定して同じ木の平均を使うことによつて, 基準を一定にしようとする考慮をいれるか, いれないかでわかる。

HILEY (1954)⁷⁹⁾ は樹高による間伐の指針として収穫表の本数をもとにしている。それを用いるにあたり多くの信頼される収穫表での樹高対立木本数を検討論議している。収穫表の多くは地位のよいところにくらべ, わるいところは同一の年齢でも単位面積あたりの本数が多く, 同一の高さでは本数が少ない。この点についての例外として MÖLLER のヨーロッパトウヒの収穫表では, 地位のよい側では樹高と立木本数のあいだにはほぼ同じ関係があり, イギリス林業委員会で作られた収穫表も同じ側にたつている。ここで HILEY は単位面積あたりの立木本数と, 与えられた針葉樹の各地位級における同一樹高との間に同じ関係が保たれるということが造林学的にみて許容されるならば, 間伐度合の数表化はきわめて単純化される。しかしこの単純化は広葉樹にはまだ適用されないと結んでいる。

さて, Fig.18 は HILEY 階段状間伐度合を示している。図中 a₁, a₂, a₃ ……の平滑線は間伐後に残される本数を示し, b₁, b₂, b₃ ……の平滑線はどこで間伐するかを考える密度をあらわしている。この 2 つの線の間接線は間伐された林における各樹高における平均本数をあらわすもので, 各種収穫表の比較論議にはこれが用いられている。間伐の繰返しは, 一般に少なくとも樹高成長 10 ft ごとに要求され, これによつて収穫表から繰返し年度を求め予想をたてる。

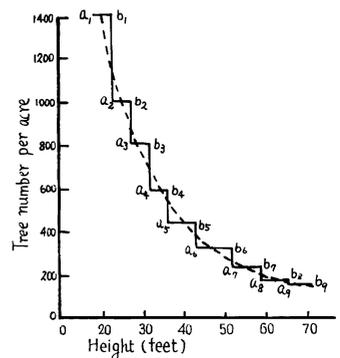


Fig.18 階段状間伐図(HILEY)
Gradual thinning, relation
between height and number
of trees per acre.

a₁b₁, a₂b₂……の階段はそれを示している。

なお, HILEY は現地における立木本数の決定のための標準区の設定法について述べている。また,

$$d = \sqrt{43,560/n}$$

n: acre あたり本数, d: 平均樹間距離

から d と n の対照表を作り, 林分で d を見積もる方法を教えている。この方法は, 標準地をとるよりも, 早く立木本数が見積もられるもので, 実験の帰納から 4 本から 5 本の隣接木の平均樹間距離の平均をとることを教えている。

Table 8. 間伐後の acre あたり平均立木本数の暫定表
(イギリス林業委員会 1951, 人工林の間伐, 第 2 版より)
Average number of trees per acre after thinning.

樹 高 Height (ft)	Japanese larch			European larch			Norway spruce		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
30	800	7.4	4.1	800	7.4	4.1	1,300	5.8	5.2
35	650	8.2	4.3	650	8.2	4.3	1,200	6.0	5.8
40	500	9.3	4.3	500	9.3	4.3	950	6.8	5.9
45	400	10.4	4.3	400	10.4	4.3	750	7.6	5.9
50	300	12.1	4.1	300	12.1	4.1	625	8.4	5.9
55	250	13.2	4.2	250	13.2	4.2	525	9.1	6.1
60	200	14.8	4.1	200	14.8	4.1	450	9.8	6.1
65	175	15.8	4.1	175	15.8	4.1	375	10.8	6.0
70	150	17.0	4.1	150	17.0	4.1	325	11.6	6.0
75				130	18.3	4.1	275	12.6	6.0
80				120	19.1	4.2	250	13.2	6.1
85				110	19.9	4.3	225	13.9	6.1
90				100	20.9	4.3	190	15.1	6.0
95				95	21.4	4.4	170	16.0	5.9
100				90	22.0	4.5	160	16.5	6.1

このほか数種が示されているが略す。

a: acre あたり立木本数 No. of trees per acre.

b: 平均樹間距離 (ft) Average spacing (ft).

c: 樹高を平均樹間距離でわつたもの Average height/Average spacing.

イギリス林業委員会⁴⁹⁾ では Table 8 のような, 数表間伐指針表を示している。この表は, 間伐取扱いのために, 立木本数が樹高のますにしたがって減る経過を示している。樹高は優勢木の平均樹高である。c 欄の低い数字は, 高さのわりに大きなクローネを意味し; 間伐度合の, 具体的な見積りに役立つ数字である。

樹高を基準とすることについて, わが国では松下 (1952)¹⁸⁸⁾ が提案している。

4. 胸高断面積合計によるもの

MARTIN (1899, 1902)^{135) 136)} は林木における法正な本数決定の標準として, 林分の平均生育区域面積を S², 平均胸高直径を d として, a=S/d を相対的樹木占領数または相対的幹距数 (Relative Wachsraumzahl od. Relative Abstandzahl) と名づけた。法正な林木においては, この数値はごく幼齢と老齢を除いた中間では, 常に同一でなければならぬと論断し, 相対的幹距数を常に一定に保てば, 胸高直径における年輪幅が同一に成長することを期待した。これから, ha あたりの法正本数 (N) と胸高断面積 (G) との関係

$$G = d^2 \frac{\pi}{4} N$$

$$\therefore N = \frac{4G}{d^2 \pi} \dots\dots\dots (1)$$

また,
$$N = \frac{10,000}{S^2} = \frac{10,000}{a^2 d^2} \dots\dots\dots (2)$$

を誘導し、林分の胸高断面積合計によつて、疎開の程度を示すに適当なものであると述べた。しかし、この場合の林分本数が果たして最多な生産を示すか否かは不明で、疎開の程度を示すには、むしろ枝下高を関係させなければならぬとの批判がある。

ASSMANN^{9) 7) 8)} は MARTIN の (1), (2) 式から、

$$G = \frac{7,854}{a^2}$$

の関係を誘導し、胸高断面積合計 (G) と幹距数 (a) との数的関係をつぎのように求めた。

ha あたり断面積合計 (m ²)	a ²
10.0	785.4
20.0	392.7
30.0	261.5
40.0	196.4
50.0	157.1

ASSMANN はブナの種々な間伐度合における、胸高断面積、幹距数および材積成長を研究し、材積成長に適当な胸高断面積合計と胸高断面積限界 (critical basal area, 材積が 95% におちる断面積合計) の決定を論じ、ブナの間伐にあつては限界水準 (critical level) 以下に下げるべきでないとした。

ARNSWALDT⁴⁾ は、デンマークとドイツの収穫表を用いて単木の成長をますためには、林分の胸高断面積をどれほど限界水準よりおとした方がよいか、また単に直径成長をます利点が幹やクロネの形質をわるくすることがないかという観点から検討した。

WAHLENBERG²⁸⁾ は間伐後 10 年間の yellow-poplar の成長を論じ、acre あたりの年材積成長の大小を立木密度指数の大小、胸高断面積合計の大小との関係において比較した。その結果はいずれも最適の点があり、各因子とも小さい側で材積成長が急減している。

GAINS³¹⁾ は longleaf pine の 22 年生過密林分の間伐区と無間伐区を設け、15 年後に種々の立木密度における胸高直径、断面積合計および材積を測定した。その結果、胸高直径は立木密度の増すとともに減じ、断面積合計と材積の成長は acre あたり 500~900 本のところが高いことを認めた。

STAHELIN (1949)²¹⁾ はテーダマツについて十分蓄積された林分における胸高断面積合計を求め、60 年生以下の林分における断面積合計と平均胸高直径との関係を検討し、地位、年齢のいかにほとんど影響されないことを見いだした。ちなみに 100% 蓄積の曲線は CHAISMAN と SCHUMACHER (1940)²²⁾ の tree-area ratio から導いている。

すなわち、十分に蓄積された林分の 1 本の占有面積 = 0.0480 + 0.0668d + 0.0267 d² (d: in) で、これから、

acre あたりの胸高断面積合計 (ft²) = (d/0.086936 + 0.07007 d)² が導かれる。なお tree-area ratio においてもある胸高直径の林木の占有する土地面積は、年齢や地位指数に影響されなかつた。そこで Fig.19 に示すように十分に蓄積された胸高断面積合計と胸高直径の関係を標準 (100%) とし、この直径に対応するいろいろな比率の胸高断面積曲線を作製し、実践にあつては残存木の胸高直径の大体を見積もり、それに対応

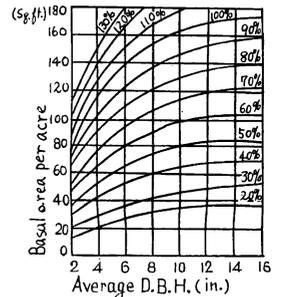


Fig. 19 十分に蓄積されたテーダマツ林分の百分率として示した平均胸高直径と胸高断面積合計
Basal area and average diameter per acre in percent of full stocking for Loblolly pine trees.

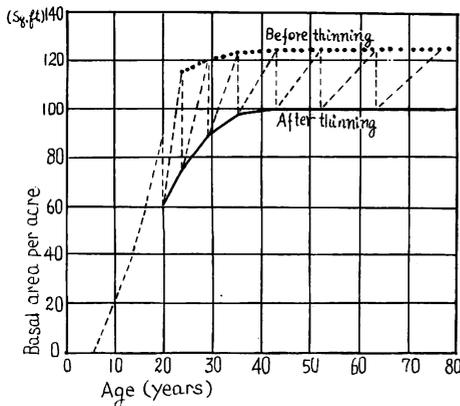


Fig. 20 間伐の系列において胸高断面積合計をいかに変えるかを示す仮設図 (HAWLEY, SMITH 原図) 実線は間伐後に残す断面積合計の下部指示限界を示す。

破線は実際の断面積合計の動きを示す。点線は間伐前の断面積合計の近似的な量を示す。断面積合計の成長割合は林木の成長とともに小となるので間伐繰返し期間は年齢がたつにしたがい長くなる。このばあい、間伐後に残される断面積合計は伐期の半ばすぎから一定になるという仮定をいれた。

A hypothetical example showing how basal area should vary during a series of thinnings. The solid line indicates the lower guiding limit of basal area reserved after thinning.

The dashed line shows the fluctuations in actual basal area. The dotted line represents an approximation of the level to which basal area should be allowed to increase before thinnings are repeated. The interval of time elapsing between thinnings lengthens with age because the rate of growth in basal area declines as the trees grow larger. The arbitrary assumption is made that, in this case, the basal area left after each thinning should be constant from the middle of the rotation onward.

限界曲線は、長期間にわたる種々な密度試験によつてのみ決定することができる。断面積合計は林分の初期、優勢木の樹高が 1.3 m に達した胸高断面積 0 から出発し、急速に増加する。ヨーロッパにおける多くの収穫表は、断面積合計が一定か、中年以降増加している¹⁷⁵⁾。アメリカの EYRE と ZEHNGRAFF (1948)⁴⁴⁾ の収穫表では伐期中期以降は断面積合計は比較的一定の水準を保つが、後期に徐々に減ずる。日本の収穫表は林分が成熟するにしたがつて緩慢に増加している。

HAWLEY はある一定の標準に選木の基礎をおいて間伐のおこなわれた林分の系列は、間伐後の断面積合計が一定になると述べている。

たとえば CHAPMAN (1953)³⁶⁾ は伐期にクローネ長の全長に対する比が 40% をもち、林冠の 50% を除くような強度の上層間伐をおこなつたテラダマツは acre あたり 75~80 sq. ft の断面積合計をもつことを見いだした。HAWLEY (1927, 1936)^{67) 68)} は eastern white pine の C 種下層間伐の 6 系列において、acre あたり 100 sq. ft の残存林分が最適の成長を示すことを見いだした。なお HAWLEY は間伐についての現

する胸高断面積まで現実の胸高断面積をひきさげるよう間伐することとしている。

SPURR (1952)^{21) 22)} は、acre あたりの胸高断面積合計が間伐の指標として最もよいと述べている。断面積合計は胸高直径と本数の 2 つの因子により決まる。したがつてこれは直径に基礎をおく距離法 (spacing rules) とも関係している。SPURR は間伐は伐期までの全期間を通じて最適の断面積合計を決めることであるとした。Fig. 20 に示すように、間伐後の断面積合計が決まれば、断面積合計は間伐によつてある一定の範囲内を変動する。伐期のうち、後期に残される断面積合計をどのようにするかは、樹種と林分の経営目標の特性で異なる。

BULL (1949)²⁷⁾ によれば、間伐の一般原則は、

その 1 ; 低い断面積合計は、単位面積あたりの材積成長量 (間伐材を含まない) をいくぶん犠牲にしても、直径成長の増大を期待するときにとるべきであり、その 2 ; 反対に高い断面積合計は、できるだけ多くの材積成長を望み、また枝下高の高いものを望むばあいに採用すべきである。

としている。

理論的に、立木蓄積生産を犠牲にすることなく、最大の直径成長を期待するためには、林分を週期的に間伐し本数を減少するならば、常に、吉良らの収量密度曲線における収量一定の最小立木密度をとるようによればよい。このための胸高断面積の最小の

在の基礎的な目標は林齢と地位のいかんにかかわらず適用できるような立木密度と成長に関する数的関係を求めることで、もしこの目的が達せられれば、いままでの間伐におけるようなあて推量の仕事はなくなるだろうと述べている。

5. その他

以上の要素のほかに種々の要素がとり入れられている。しかしいずれも現段階では今後の間伐研究に暗示を与えるものには過ぎない。

(1) bole area

LEXEN¹²⁹⁾ は bole area は立木蓄積を示す指標となると述べた。bole area とは幹の形成層の面積のことである。同齢のテーダマツ林では平均木の bole area にもとづいて単位面積あたりの bole area を求めても大きな誤りはないとして次式を示した。

$$A = \frac{d \cdot h}{7} (n)$$

A: 単位面積あたりの bole area (sq. ft), d: 平均胸高直径 (in), h: 平均樹高 (ft),

n: 単位面積あたり本数

立木密度と bole area には相関があるが、植物生理学的にみて単位面積あたりどのくらいの bole area が成長のために要求されるかを考究しなければならぬと述べている。

(2) クローネ幅

SINGH PARTAP³⁰⁹⁾ は間伐指針にしたがつて残存本数がきまつた時、これまでは樹高、クローネおよび幹の3要素からなる樹型級により伐採木を決めたが、これを平均樹間距離とクローネ幅の2要素にかえ、樹高は間伐に大きな意味がなく混乱の原因となると述べた。そしてクローネ幅が林木の競争の段階を示すとして次の6つの型を区分した。

- I Spaced: クローネが自由にひろがり、間伐前の平均樹間距離にほぼ等しいか、3/4 より小さくないもの。
- II Co-spaced: クローネが自由にひろがり、平均樹間距離の 1/2 より大きく 3/4 より小なるもの。
- III Sub-spaced: クローネが自由にひろがり、平均樹間距離の 1/4 より大きく 1/2 より小なるもの。
- IV Mal-spaced: クローネのひろがりが無視できる程度で、平均樹間距離の 1/4 より小なるもの。
- V De-spaced: クローネのほとんどない、活力に乏しいもの。
- VI ———: 枯死、瀕死または収量の乏しいもの。

間伐に際しては VI, V, IV, III, II, I の順序に伐採することをすすめている。

(3) 山崎 (1944, 1952)^{249) 250)} はスギ、ヒノキ造林地の適正本数 (n) と平均胸高直径 (d) との間に、

$$n = \frac{9,000}{d^2 + 2d}$$

の関係があると述べ、現実本数を n' とすれば立木度 = $\frac{n'}{n}$ で示され、標準伐採歩合、繰返し期、間伐時期を知るのに実用に供されると報告した。

(4) 高村 (1951)²¹⁵⁾ はある林分の林冠の空隙率、間伐により期待される林冠疎開率および林冠重複率と、各直径階における平均樹冠面積を示す式から、間伐木の樹冠面積合計を求め、それをもつて間伐木選定に際し疎開度の検訂に供することとした。

(5) 松本 (1949)¹⁸⁷⁾ は 1 本の木の占有面積,

$$\frac{A}{N}$$

A: 単位面積, N: 単位面積あたり本数

を円と考え, この円の直径 (d) と樹高 (l) の比を $d/l=n$ とし, この n を立木本数度合とよんだ。

この関係から,

$$M = \frac{3,820}{(nl)^2}$$

M: 理想本数

により理想本数がえられるとした。

第 3 節 定量的な間伐に対する批判

各項において説明の必要上批判的な事項にもたち入ったが, ここではさらに総合的に検討を加えることにする。

数表間伐の研究はすべて同齢林の基礎にたつて, どんな間伐指針が最も合理的かということと, きめられた基準本数をもとにどのような手段で伐るかということとを明らかに分離して考えなければならない。

適正立木本数表は地位, 年齢によつて異なる表をみななければならぬ繁雑さがある。

(D+x) 規則, すなわちメノコ勘定は, アメリカにおいては多くの実践書に採用されているが^{231) 235)}, 理論的根拠がなく, HAWLEY⁶⁹⁾ によつてもあまり高く評価されていない。

WICHT は特に HART の考え方に批判を加えた。すなわち, 樹高階本数間伐法は, 単に残存優勢木の本数を定めるにすぎない。それゆえ上層間伐では, 優勢木以外のものを垂直的, 水平的に配置しなければならないので, さらにこれを含めた全体の平均立木間隔にもとづき立木本数を求め, WICHT の提唱する絶対的基礎の上になつた樹型級区分により間伐せよと述べた。

MARTIN の相対的幹距数を一定に保てば, 胸高直径が直線的に成長するということ, また, このような成長が法正な成長であるということには多分に議論の余地がある。

KÖHLER の考えたクローネ直径と樹高とは常に同一比をなすという前提も密度試験の結果によらなければならない。工藤の調査では, 胸高直径の函数として描いたクローネ直径は, 樹高の函数としたものと同様にヨコ軸に常に凹な形を示した。しかし GEHRHARDT が平均胸高直径と平均クローネ直径につき調査した結果はほとんど直線に近い。

収穫表に基礎をおいて胸高直径から樹間距離を誘導するものは, 林分が過去においても収穫表にしたがつて適正に取り扱われたばあいのみ, 同一軌道に乗る。同一年齢, 同一地位でも平均直径は, 林分の疎開状態で変化する。したがつて過去に強く疎開された枝下高の低いものは一層その傾向が強められ, 過去の疎開が弱く立木密度の多いものは, Sollen として適正本数より下回るものが指示されることとなる。それゆえ過去の履歴を無視して直接現在の平均直径にのみ基準をおくことは危険である。

一般に, 樹間距離を要素に入れる距離法間伐は, 残存される立木が指示される間隔にあることは実際にはありえない。すなわち, 規準にきめられた樹間距離は平均的なものであつて, 選木の手助けとして用いるべきものである。

日本のような傾斜地で地位の変化のはげしいところでは, 林齢, 地位および本数 (または平均樹間距離) で示された規準は地位ごとに測定を繰り返さなければならないため繁雑であるが, 直径と本数 (また

は平均樹間距離)で示された規準はその点実践が容易である。

樹高論者は、すでにさきにもふれたように、直径は樹間距離によつて乱されるから、直径に基礎をおく規準は満足すべきものではない。直径はむしろ間伐によつておこる結果であると主張している。樹高は、密度のかなり広い範囲内で、密度の影響を考慮に入れる必要がない。すなわち、地位の決定と同じように、年齢と立地要素を組み合わせた価値をもつものである。しかし、与えられた高さにおける単位面積あたりの平均立木本数を同等の平均樹間距離におきかえても、きわめて近似的な指標を示すものと思われれない。それは良木が林地に様な分布をもつことはまれであり、間伐は常に自然の不規則な距離と理想との歩みよりでなければならぬ。それゆえ、樹高論者は定量的に導かれる間伐歩合を決めた後は、定性的な間伐法の長所を生かしているばあいもある。

直径によるものも、樹高によるものも、いずれも地位、年齢のいかんにかかわらず造林的に許容される範囲で、一定の本数関係のあることにもとづいている。しかし、実践にあつては、胸高直径によるものは原則として木ごとに隣接木との平均胸高直径と樹間距離の2因子を測定するに對し、樹高によるものは同一樹高階の範囲内の林分ごとに単位面積あたりの立木本数を測定し、選木にはいることにしている。

胸高断面積合計によるものは胸高直径と本数の2つの因子の組み合わせつたものをモノサシとしているが、樹高を無視している場合がある。残存胸高断面積の誘導法には、前節に述べたように多くの考え方があつたが、現段階ではいずれも全生産期間を通じての一時期の傍証によるか、または第1次的な望ましい現象の結果あらわれる第2次的な法則をつかんで間伐の手段としているものが多い。実践には、間伐の時期に胸高断面積が上部限界に達したかどうかを見つけることは、実測により照合するよりも、林冠の目にうつる観察を基礎に決定する方が早い。しかし間伐後に残される胸高断面積の下部限界は、間伐量の決定にきわめて重要な因子となる。胸高断面積の測定には、扇田ら^{15) 16) 17) 58) 206)}によつて、わが国のような山岳傾斜地においても容易に測定できる林分胸高断面積測定器が考案されている。

材積は木材資本をあらわすものとしては、よい単位であるが、材積が同じでも bole area の異なるものがあることを考慮する必要がある。

第II部 間伐の本質

第4章 林木の成長論ならびに生産構造

第1節 林分の生育過程

1. 生育過程

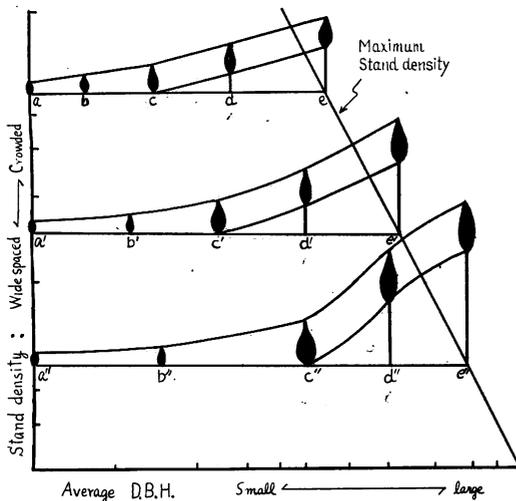


Fig.21 平均胸高直径と本数密度からみた林分の生育過程模式図

A model picture of growing procedure from the relation between average diameter and stand density.

苗木を林地に植え付け、手入れだけを完全に行かない、そのまま無間伐でおいたばあい、成林までの生育過程を模式的に描くと Fig.21 に示すようになる。

第1段階* 植付けから林分の閉鎖まで (Fig. 21, a・b)

現在事業的におこなわれている植付け本数では、植付け当初は植栽木相互間には直接なんらの干渉もおこなわれぬ。植栽木にとつての社会はそれを取り囲む雑草、蔓類および灌木類が干渉と競争の大きな対象である。この時代、これらは特殊な環境では植栽木にとつてプラスの影響をあたえることもあるが、おおくのばあいマイナスとなる。これら植栽木の成長にマイナスの影響をおよぼす雑草、蔓、灌木などを除くことが、それぞれ下刈り、蔓切り、除伐とよ

ばれる作業である。

第2段階 林分閉鎖の開始 (Fig. 21, b)

植え付けた苗木が成長してくるにしたがつて、その枝条がふれ合つてくるようになる。ここで閉鎖(ウツペイ)がはじまる。植栽木間の干渉はすでに閉鎖前にはじまると思われるが、顕著な競争は林分の閉鎖後にあらわれる。林分が適度に閉鎖してくると林木の形質の成長により影響がある。

第3段階 林分の閉鎖から旺盛な樹高成長をおこなう時代 (Fig. 21, b・c)

樹高成長は一般人工林にあつては、幼齢時代はきわめて旺盛であるが、壮齢から緩慢となり高齢になるにしたがい著しく衰える。この時代に立木密度が高いと、下枝が陽光不足で順次枯れ、枝下高が高くなる。2間材2玉の用材の clear bole を望むならば、この時代に樹冠率 (live crown ratio) を50% くらいに保ちながら、枝下高 (clear length) が8m くらいになるように誘導することが望まれる。材積成長に重点をおくばあいについては後にふれる。

* ここでのべる第1～第5段階の系列は連続的なもので、現実林においてはつきり区別することは困難なことが多い。

第3段階と第4段階は現実には同時におこるとも考えられるが、育林的立場からみると分けて考えた方が都合がよい。

第4段階 競争の時代 (Fig. 21, c・e)

林分閉鎖後植栽木は競争の状態にはいる。競争はまず林木間に優劣を生じ、劣勢木のあるものは被圧の状態となりやがて枯死する。その過程はきわめて複雑で、本数の少ない側 (Fig. 21, c→c', d→d' 等) に移行しながら、第5段階に達する。

第5段階 十分な蓄積をもつ林分の状態 (Fig. 21, e)

林分の蓄積がしだいに増加し、それ以上の直径成長を期待するには立木本数をへらさなければならない。この立木本数を最大本数密度 (maximal density) といい、満度の密度 (full density) ともいわれる。この状態をまた、十分な立木密度をもつ林分 (fully stocked stand) とよばれ、“すべての生育場所は効果的に占有されているが、主林木の生育にただの余地は残されている状態”と定義されている²¹⁾。この状態における acre あたり立木本数を、その林分の平均木の胸高直径の函数として両対数上にプロットすると、直線になることを REINEKE¹⁸⁰⁾ が見いだしたが、このことは後に述べる。

図はタテ軸に単位面積あたり立木本数を、ヨコ軸に平均木の胸高直径を両対数上にとつて、REINEKE の考えを入れて、おのおのの植栽密度から出発した林分の生育過程を模型的に、時間の項を消去して直径と本数の関係で示したものである。図中 e e' e'' は REINEKE による最大本数密度の限界を直線で示し、閉鎖開始線 (b b' b'' 線) は REINEKE の最大本数限界直線に平行あるいはそれに近いものであろうとの仮定のもとに描いた。

第6段階 過剰立木本数の林分

過剰立木本数の林分 (over stocked stand) とは、生育の場所が完全に利用され、成長が下り坂となり、優勢木を含むおおくの木がお互いに圧迫される状態にはいつた林分で、固定された (locked) または停滞した (stagnated) 林分ともよばれている。

2. 立木構成

間伐を論ずるには、立木構成を明らかにしておかねばならない。立木構成のちがいによつて、種々の林型に分類することができる。多くの人々によつて、ちがった観点に立つて分類されているが、本論は主として人工同齡植栽林の間伐を対象としているので、その対象の範囲内で、混同をさけるため種々の分類法の関連性を述べておく。

寺崎^{219) 220)} は林という樹木の有機的集団、換言すれば、樹木の社会的構成の見掛けの生活形相を、相互に隣接する木のクローネの接近接触、またはクローネを形成する枝葉の重なり等の見方から総合的容姿を一覧的に標示し、林冠の見掛けによつて分類した。そのうち人工同齡植栽林にあらわれる林型はつぎのとおりである。

(1) 単層林 林冠が比較的簡単なクローネの組合せからできて、その閉鎖は水平的と見なされるもので、林冠の外郭面は波状をなしているように表現されるもの。

(2) 複層林 林冠が前者よりやや複雑なクローネの組合せからできており、その閉鎖は前者と類似して水平的とみなすことができる。しかし局部的には垂直的または階級的な閉鎖をしているが、全体を通じて林冠の外郭面は波をなしているように表現される。なお前者との区別は相対的なものであつて sharp cut ではない。

河田¹⁰⁾ は梢頭をクローネの位置を決める標準とし、これをまず階段的にわけて階状林とし、各階段ごとに林冠の高低を層状に分けて層状林としている。したがつて同齡人工林ではおおむね林冠層が区別でき

ないので、すべて一階林であり、その中でおのおのの樹高がほぼ等しいものが一層林、樹高の差がはなはだしいものは多層林とよばれる。

吉田²⁵³⁾は、クローネの垂直的位置的配列あるいは、その上下関係の位置から2つの基本型を認め、これによつて林分の垂直的構造を分類し、現実の複雑な林分構成状態の相違は、この2つの基本型の組合せによつて理解されるとした。基本型式の第1は、上位クローネの下部限界と下位クローネの上部限界とが重なり合うべきもの、すなわち上位クローネと下位クローネが水平的に相接したばあいに、両者は水平的に影響しあうもので、このような構造を層状と名づけた。第2は上位クローネの下部限界と下位クローネの上部限界とが重なり合ふぬもの、すなわち上位クローネと下位クローネが水平的に影響しあわず、垂直的に影響しあうもので、このような構造を段階状、または段状とよんだ。このような基本型またはその組合せにより、人工林においては次のような構造が対象となる。

- 1) 一段一層林 (einschicht-einstufige)
- 2) 一段多層林 (mehrschichten-einstufige)

中村¹⁶⁶⁾は分類が詳細にわたるときは運用上不便が多く、かつ層を段または階と区別することは穏当を欠き、かつ混乱するおそれがあるから、現実の林を対象として、つぎの分類を適当と認めている。

一段林 林冠が単一の林冠層からなる森林

- a. 一斉の一段林 全林木の樹高がほぼ等しいもの。
- b. 不斉の一段林 各樹木の高さの差が少なく、したがつてクローネは単一であるが、これを精密に観察すればクローネに相当の高低差があるもの。

第2節 本数密度比数*1

1. 立木密度のあらわし方

間伐問題の最終的な基礎となるものは、収穫物の生産目標にしたがつていかなる本数減少曲線、すなわち適正本数がよいかということである。その研究には、まず林分密度が決定されなければならない。それは第1に“満度”すなわち“法正”密度が何らかの形で定義されなければならない。それは林冠、林分本数およびそれを構成する大きさの各種単位によつてあらわされているが、満度または十分な密度 (full density) の標準を決める最後の基準は、訓練された、また、経験をへた人間の目で林の姿を見る以外に現在ではキメテがない状態である。

わが国には古くから多くの間伐試験地が設定されているが、その比較尺度となる十分な林分密度資料を提供する無間伐区が設けられなかつたことは遺憾である。

いままでに提案された尺度としては、MATHEWS(1935)¹⁸⁴⁾の1本の木の占領面積(D)と胸高直径(d)との比 D/d をとる占領面積指数 (spacing figure) や、すでに述べた CHAISMAN¹⁸²⁾の tree-area retio, STAHELIN²¹³⁾の胸高断面積曲線などがあるが、ここでは REINEKE¹⁸⁰⁾の立木密度指数 (REINEKE'S stand density index)*2 について述べることにする。

REINEKEは十分な立木密度をもつ林分 (fully stocked stands) の acre あたり本数を、その林分の平均木 (average tree) の胸高直径の函数として両対数上にプロットすると、直線上になることを指摘した。アメリカ林野庁の収穫表調製資料をつかつて、数種の樹種につき検討を加えた結果、最大立木本数の限界

*1 坂口勝美・安藤 貴：未発表

*2 REINEKEにより考えられたこの原理は1926~27にロシアの TARASHKEVITCH と TJURINにより 独創的に発見されたが、ロシア以外には知られていながつた。

を同一の傾斜角の直線できめることができるとして、この線を基準線（reference curve）とよび次式を示した。

$$\log N = -1.605 \log D + K$$

N: *acre* あたり本数, D: 平均木直径, K: 樹種により変わる定数

REINEKE は立木密度が十分高いとき、この式のKは 4.605 であらわされると主張した。この時、この基準線は D=10 in で N=1,000 本を通る直線となる。REINEKE の定義した林分密度指数 (stand density index: SDI と略す) は D=10 に応ずる本数である。そこで SDI は次式により示される。

$$\log SDI = \log N + 1.605 \log D - 1.605$$

この式は MULLOY¹⁵³⁾ 159) 162) 163) が収穫表の調製につかひ、MAC KINNEY と CHAIKEN¹²⁹⁾ はテーダマツの資料に対し最小二乗法をつかつて本式を誘導し、SIMMONS と SCHNUR²⁰⁸⁾ はテーダマツの固定試験地の資料から本式を誘導した。

REINEKE は、この関係が“地位、年齢に無関係な土地利用程度の尺度”であることが最大の長所であるととした。

しかし SPURR²¹²⁾ が REINEKE の用いた資料を使つて、年齢と SDI の関係について相関関係の t 検定をおこなつた結果は明らかに有意性が認められ、また固定試験地の資料を使つて基準線の傾斜についての test の結果、-1.605 に近いものは約 1/3 で、他はあるものは緩、あるものはさらに急になつた。しかし、その変化は断面積合計ほど激しくなく、密度の尺度としては適当なものであろうと述べている。

筆者らは本邦主要造林樹種につき統計処理によつて最大本数密度線を求め、order の高い観点で、間伐の性質を解析するに十分活用できることを知つた。

2. 本邦主要樹種の最大本数密度

筆者らは、本邦の主要樹種について最大本数密度線を求め、これを基準線として具体的な本数密度を比数 (ratio of stand density) であらわすこととした。

最大本数密度線を求めるために選んだ標準地は、間伐のおこなわれたことのない林分、またはかつておこなわれたが、その後かなり年数を経ていて、調査時の林相は著しく立木度の高い林分を求めた。そのような林分では下枝がはげしく枯れあがり、被圧木と被圧による枯損木が多く認められた。標準地の面積は閉鎖が完全で、適正な立木配置に重点をおいたため小さくなつたが、そのために生ずる密度誤差をできるだけ小さくするように十分考慮をはらつた。また、標準地は無間伐林がきわめて少ないので、同一樹種についてかなり多くの地方からとられているが、上記の条件をみたすためにはやむをえなかつた。

標準地の一覧を Table 9 に示す。

主林木の平均直径の函数とした *ha* あたり本数は、WIMMENAUER²¹⁶⁾ の説によれば、地位、林齢に関係が少なく、大体同一の値を示すものとしてよいとしており、この説の支持者は多い*。これに対して吉田²⁵²⁾ は、直径が小さいうちは地位上ほど本数が少なく、中途付近で逆転し、それより大きい直径では地位上ほどわずかに本数が多くなることを指摘している。しかしその差はきわめて小さくて1つの曲線とみて実用上支障ない程度であることが嶺によつて確かめられた。したがつて、今回の報告には地位の差を考慮しないこととした。林業品種の明らかなものは、品種間の差が考えられるが、現段階では樹種間のちが

* WIMMENAUER の説は本邦では、寺崎：林試報，11，(1914)，山本：林試報，21，(1920)，により支持されている。

Table 9. 標準地一覽表

List of sample plots.

(1) スギ (SUGI)

場 所 Locality	平均胸高直径 Average D.B.H. (cm)	平均樹高 Average height (m)	ha あたり本数 No. of trees per ha	断面積合計 Basal area (m ²)
高萩営林署管内国有林	15.3	14.6	2,680	51.52
〃	16.2	15.7	2,663	57.14
茨城県多賀郡十王村	18.3	17.4	1,807	48.68
東京営林署管内国有林	17.2	15.9	1,986	47.73
〃	21.2	18.1	1,649	60.36
千葉県有林	26.2	22.0	1,038	56.68
千葉営林署管内国有林	25.8	21.8	1,393	79.02
東京都西多摩郡小宮村	14.0	11.1	2,751	42.54
〃	16.6	15.8	2,406	53.90
〃	15.1	14.4	3,095	56.80
〃	15.0	13.9	3,704	68.45
〃	28.4	24.5	1,219	79.52
東京都西多摩郡小里村	11.8	11.3	4,496	50.25
〃	14.3	13.3	3,384	56.46
〃	16.3	13.1	2,692	57.45
〃	21.7	19.6	1,842	70.00
能代営林署管内国有林	32.7	25.5	850	76.07
〃	33.4	23.2	765	70.86
〃	33.4	26.1	865	80.41
〃	34.3	24.8	775	75.31
〃	34.7	25.5	800	79.00
〃	35.2	25.0	655	66.03
〃	36.6	25.8	660	73.19
〃	37.1	27.3	630	70.11

(2) ヒノキ (HINOKI)

場 所 Locality	平均胸高直径 Average D.B.H. (cm)	平均樹高 Average height (m)	ha あたり本数 No. of trees per ha	断面積合計 Basal area (m ²)
高萩営林署管内国有林	11.5	9.9	2,819	30.89
〃	16.4	13.7	2,212	48.65
〃	18.0	13.4	2,263	60.19
〃	21.5	18.8	1,609	60.77
〃	14.1	11.6	3,051	49.54
東京営林署管内国有林	14.8	15.4	2,416	43.23
千葉県有林	14.3	10.4	2,566	43.17
千葉営林署管内国有林	22.1	19.9	1,555	62.58
〃	22.0	18.6	1,395	55.32
〃	13.9	9.7	3,018	46.92
東京都西多摩郡小里村	13.6	12.0	3,413	51.12
〃	13.8	13.8	3,878	60.05
上松営林署管内国有林	17.4	13.5	1,841	44.86
〃	17.2	14.0	2,195	51.92
阿寺営林署管内国有林	16.9	-	2,105	48.41
〃	15.8	-	2,411	48.55
〃	15.9	-	2,345	47.95

Table 9. (つづき)
(3) アカマツ (AKAMATSU)

場 所 Locality	平均胸高直径 Average D. B. H. (cm)	平均樹高 Average height (m)	ha あたり本数 No. of trees per ha	断面積合計 Basal area (m ²)
一ノ関営林署管内民有林	5.2	7.2	12,867	30.9
//	6.6	9.2	7,106	27.5
// 管内国有林	19.5	16.5	1,105	36.1
久慈営林署管内国有林	13.7	13.0	2,376	37.2
//	7.4	8.7	6,761	34.7
花巻営林署管内国有林	28.9	19.5	519	35.8
//	28.2	16.4	743	49.5
//	10.2	8.7	3,718	32.9
//	4.7	5.2	13,894	26.3
遠野営林署管内国有林	31.9	25.5	540	45.5
// 民有林	21.3	20.9	1,186	47.2
//	19.6	18.3	1,209	43.4
//	20.4	15.5	1,099	42.6
//	23.2	16.2	722	36.1
//	18.7	17.9	1,203	37.5
//	8.1	9.5	4,648	30.9
//	5.6	8.5	9,696	32.3
//	4.4	5.6	14,179	24.5
//	10.2	11.9	3,367	32.1
水沢営林署管内国有林	31.1	20.9	536	44.7
//	30.5	18.4	655	53.0
//	24.6	19.6	747	41.7
//	26.6	17.9	844	55.0
//	19.0	17.3	1,457	49.4
//	17.2	15.9	1,716	46.8
//	12.1	11.2	2,425	32.2
//	8.2	7.8	4,035	24.7
//	8.3	8.6	5,334	24.5
//	13.9	13.1	2,018	36.5
//	14.7	15.1	2,085	40.9
//	25.6	19.5	739	40.2
//	25.1	23.0	847	46.7
//	27.4	21.3	657	43.9
//	18.6	16.2	1,173	38.4
//	6.4	7.4	5,233	18.5
//	5.4	5.7	7,446	17.7

(4) カラマツ (KARAMATSU)

場 所 Locality	平均胸高直径 Average D. B. H. (cm)	平均樹高 Average height (m)	ha あたり本数 No. of trees per ha	断面積合計 Basal area (m ²)
岩村田営林署管内国有林	16.4	17.6	1,886	41.1
//	17.1	17.2	1,660	39.3
//	17.3	19.1	1,638	39.5
//	17.3	17.9	1,687	41.1
//	17.0	16.3	1,638	38.5
//	18.7	15.1	1,436	41.7
//	23.9	23.8	952	43.1

いを比較する程度の order にとどめた。

なお、このばあい ha あたり本数は、現在林木相互間で競争がおこなわれている林木本数を対象とし、過去の競争の結果、すでに被圧され、または枯死したものは除外した。

ただし、アカマツについては植杉哲夫氏の好意により氏が岩手地方アカマツ林収獲表調製²²⁷⁾ の際調査した立木度の高いアカマツ林分資料を借用した。

REINEKE は平均木直径をもちいたが、平均胸高直径によつてもまったく同じ関係が求められるので、筆者は平均胸高直径をもちいた。

最大本数密度の決定にあつては、上記資料の平均胸高直径と ha あたり本数、すなわち、本数密度を対数変換して直径の対数値を適当な等間隔に分け、各直径階における密度について分散の一様性の検定をおこなつた。BARTLETT 検定の結果、分散には有意な差が認められなかつた。木梨¹⁰⁹⁾ も、小直径付近の

Table 10. BARTLETT の検定
The test of BARTLETT.

対数でとつた直径 Logarithmic diameter	対数でとつた本数の分散 Variance of logarithmic no. of trees per ha
1.200 以下	0.0072
1.2001~1.3000	0.0060
1.3001~1.4000	0.0012
1.4001~1.5000	0.0036
1.5001 以上	0.0029

$$\chi^2=1.001 \cdot d \cdot f=4 \quad \chi_{0.05}=9.488$$

本数の分布幅が広く、曲線のまわりの点の分布は歪んでいるが、その状態は対数分布に見えるから、対数変換により分布幅を等しく、歪みをなくすることができるのとべている。

Table 10 にスギの分散の一様性の検定の結果を例示する。

いま直径 (D) をヨコ軸に、密度 (N) をタテ軸にとつて、両対数方眼紙上にプロットすると、直径に対する密度線はヨコ軸に対して一定

の角度をもつた直線になることが認められるので、最小二乗法により

$$\log N = -b \log D + a$$

をあてはめる。この式から対数で示した密度の標準偏差 S を求め、正規分布の百分率表から $\alpha=0.02$ の値 2.326 を求める。

$$\log \hat{N} = -b \log D + a \pm 2.326 S$$

とすれば、この式は標本の分布域をあらわし、この分布域の外におちる点は 2% しかない。この分布域の上限をもつてある直径の最大本数密度とすれば、密度がこれ以上となることは 100 回に 1 回の割合でしかおこらない。ここで、

$$\begin{aligned} \log N_m &= -b \log D + a + 2.326 S \\ &= -b \log D + a' \end{aligned}$$

を最大本数密度を示す式とした。

以上の方法にしたがつて、各樹種につき、つぎのような最大本数密度式をえた。

$$\begin{aligned} \text{スギ} \quad \log N_m &= -1.6307 \log D + 5.5010 & \text{アカマツ} \quad \log N_m &= -1.6383 \log D + 5.3330 \\ \text{ヒノキ} \quad \log N_m &= -1.3563 \log D + 5.1365 & \text{カラマツ} \quad \log N_m &= -1.7273 \log D + 5.3773 \end{aligned}$$

これを図示すれば Fig. 22, 1, 2, 3, 4 となる。

さきに述べたように REINEKE は最大本数密度線がすべての樹種について、

$$\log N = -1.605 \log D + K$$

で示されるとし、SPURR は REINEKE の用いた資料について検討をおこなつたが、この値が樹種により異

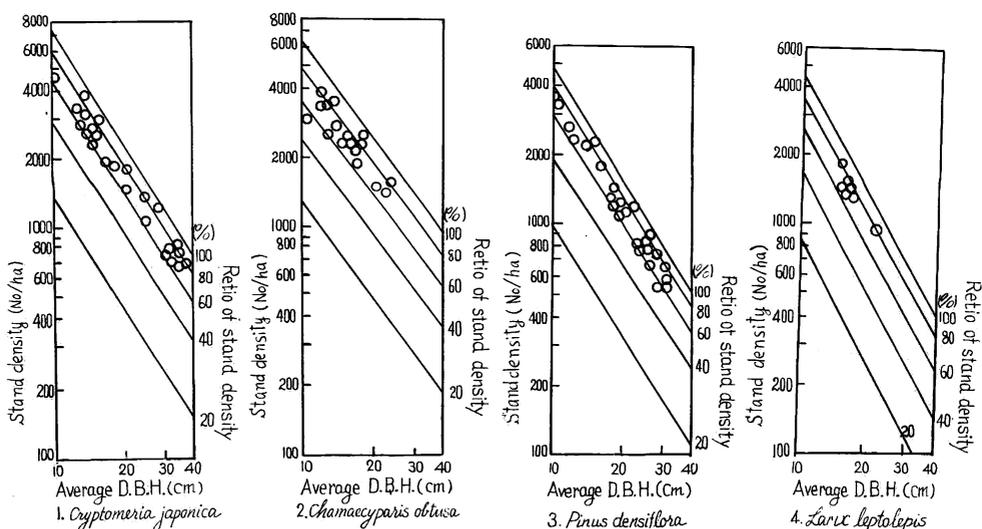


Fig.22 最大本数密度：最上部の曲線は最大本数密度をあらわし、他の曲線はそれぞれ本数密度比数 80, 60, 40, 20% をあらわす。プロットされた点は最大本数密度の決定にもちいられた資料をあらわす。

Maximum stand density: Maximum stand density is represented by the uppermost curve, and the others are the curves for 80, 60, 40, and 20 percent stocking, respectively. The points on curves were used to determine the maximum stand density for each species of the stands.

Table 11. 樹種別最大本数密度
Maximum stand density for each species.

胸高直径 D. B. H. (cm)	最 大 本 数 密 度 (No./ha) Maximum stand density			
	スギ SUGI	ヒノキ HINOKI	アカマツ AKAMATSU	カラマツ KARAMATSU
10	7,419	6,029	4,952	4,467
12	5,509	4,708	3,672	3,253
14	4,286	3,820	2,853	2,498
16	3,447	3,187	2,292	1,984
18	2,844	2,716	1,890	1,618
20	2,396	2,355	1,591	1,328
22	2,050	2,070	1,361	1,145
24	1,779	1,839	1,180	985
26	1,561	1,649	1,035	858
28	1,384	1,492	917	755
30	1,237	1,359	819	670
32	1,113	1,245	737	599
34	1,008	1,146	666	539
36	919	1,061	607	489
38	841	986	555	445
40	774	920	511	408

なり、耐陰性、固有の枝張、あるいは着生葉量などに影響をうけそうだということが十分に考えられた。

ちなみに、REINEKE は、研究に用いた資料の中で、異なる値をとるように見えるものは、老齢林の資料が火災や虫害により密度の減少したところからとられたことによるものであろうと述べている。

この最大本数密度を 100 とし、おのおのの直径に対応する現実の立木本数の百分率を本数密度比数とし

て立木度をあらゆる尺度とすることにした。

第3節 林分生産構造

間伐に関する諸問題を普遍的資料によつて結論を見いだすには、立木密度からみた林の生産構造を明らかにすることが重要なことである。

生産構造とは、環境と林分ならびにそれを構成する単木の同化組織と非同化組織との量的質的な関係と解釈しよう*。

従来、林学では測樹学的方法論によつて、成長論に関する多くの法則性が見いだされていた。

ここで述べる方法は、生態学的根底にたつた法則性を見いださんとするものである。この領域は林作物の収量を、林分の根本的な生産構造の解明、すなわち同化系と非同化系の対立的なはあく、あるいは環境条件の定量化、たとえば群落構造と光条件の量的関係、あるいは物質再生産の知識を展開し、より根本的な成長解析によつて明確な理論の裏付けのもとに研究しようとするものである¹⁵⁵⁾。

この端緒は BOYSEN JENSEN²⁹⁾ が植物の成長を炭酸同化による物質生産と、呼吸による消費の対立によつて解析しようとしたことにはじまる。その後 BURGER³⁰⁾ は林のもつ葉の量と幹の生産関係を、POLSTER¹⁷⁷⁾ は林木の炭酸同化を、BAKER は生物学的な成長論を、MÖLLER^{150) 151)} は、ある環境下にある林木が物質を生産し、それを一定の割合に消費し、また種々の形態に蓄積する主体的営みを基礎として林木相互間の社会的関係を明らかにしようとしている。しかし、これらの仕事を間伐の問題に直接結びつけ、これを体系づけることは、こんごに期待しなければならない。

筆者らが、森林保育の基礎資料として、林分の構造を立木密度と対比して解析したことについては、第3章第1節に述べたが、さきにふれたことのほか、つぎのようなことがわかっている。

(1) 幹の形

立木の質的な面に影響する諸量を、立木密度と対比してしらべてみた。胸高直径、年輪幅、肥大する割合、クローネ率は立木密度の増加とともに減少し、胸高直径率は逆に増加する。それゆえ、低密度の区では直径の増加は大きい、幹の形はウラボケになりやすい。このことは森林の保育、特に間伐による林分密度の調節により幹の形質を人為的にかえることのできる可能性を示している。

(2) 生産能率

林分がおこなう物質生産のしくみを直接しらべるほど研究がすすんでいないから、生産能率に關係のある諸量を立木密度と対比してしらべてみた。

材積の全成長量のうち、幹の成長にまわるわりあいは、立木密度の増加とともにいくらか増加するようである。

葉の単位量の平均幹材積生産量については、はつきりした傾向がつかめない。上層から下層にむかつて、輪生枝別に葉の生産が幹の成長の垂直的配分はどうひびいているかは、高原が述べたように、陰樹冠の葉が幹の生産にあずかることが少ない。

(3) そのほかの關係

葉量と胸高直径について佐藤ら¹⁹⁴⁾、丸山ら¹⁸²⁾の報告資料とともに検討した。

両対数のヨコ軸に胸高直径、タテ軸に葉量をとると、直径の増すとともに葉量は増し直線的な傾向が見

* 生産構造という言葉は、近代経済学では「資本・労働・土地という生産の要素の量的質的な關係の組合せ」という意味に用いており、マルクス経済学では「生産關係」まで含めているようである。

られる。しかし林分の樹高階 (または林分) が増すにしたがつて、直線は平行的に左から右に移つてゆく傾向がある。またこの関係は筆者らおよび佐藤らのように立木密度のちがう標準地資料からえられたものと、一般施業林で樹齢の異なる資料からえられたものでは直線の傾きが異なり、後者は前者に比べ緩である。

胸高断面積合計と立木密度の関係は、両対数上でヨコ軸に立木密度、タテ軸に断面積合計をとれば、立木密度の増加とともに直線的に増加するが、林齢のすすむにしたがつて直線の傾きがヨコ軸に平行になつてゆく傾向があり、吉良らの法則にかなうようである。

また幹の表面積の ha あたりの合計値も、立木密度との関係は両対数上で直線的に増加する傾向が認められた。

第5章 経営目標のちがいによる森林の保育形式

第1節 間伐形式の決定

1. 丸太の質的要素

一定の立木密度の範囲内では、単位面積からえられる総材積収穫量には差があるとはいえないとする傍証をえたことは、すでに第3章第1節で論議したとおりである。しかし林地の植付けから伐採までの保育過程のちがい、すなわち林の全生産期間中の保育形式のちがいによつて、林作物の最終ならびに中間収穫

Table 12. 材の性質と用途
Quality and usage of timber.

材の性質 Timber quality	材の用途 Usage
強度を必要とするもの Timber in need of strength.	建築材 (柱, 梁, 根太, 土台, 床材) Timber for buildings, especially for squared timber, beams, joist, foundations and floors 土木用材 (橋梁, 枕木, 電柱, 腕木) Timber for public works, especially for bridge timber, ties, poles and arms 坑木 Mining timber 船舶構造材 Timber for ship construction 運動用具 (バット, ラケット) Sporting goods (bat and racket) 柄用材 Handle 集成材 (通直集成材, 彎曲集成材) Laminated wood (straight and arched laminated wood) 器具用材 (滑車, 歯車, 織機の杼) Instruments
強度を比較的要求せず外観の欠点の少ないものを特に必要とするもの Timber in need of no external defect, but in less need of strength.	建築材 (板類, まわり縁, なげし等) Timber for buildings, especially boards, entablatures, etc. 家具材 (建具, 障子, 襖のサン) Furniture wood 船舶用材 (内部ギソウ材) Wood for equipment of ship 車輛用材 (内部ギソウ材) Wood for equipment of vehicles 楽器用材 Musical instrument wood 器具用材 (木型) General instrument wood 娯楽用材 (ゴバン, 玉突台, 玩具) Materials for amusement 彫刻用材 Carving wood ベニア用材 Veneer log
重量成長を必要とするもの Timber in need of high specific gravity.	パルプ材 Pulp wood ハードボード用材 Timber for hard-board

物のおおのの量ならびに質は著しく異なる。したがって林業家は経済的基礎にたつて生産目標により、異なつた林分の誘導方法をとらなければならない。

林野庁統計¹⁸⁹⁾によつて、最近の木材主要用途別消費量をみると、一般用材、パルプ用材、坑木、枕木、電柱の順位を示している。一般用材のうち、建築用材が従来から木材利用の最高の地位にあることは、日本建築の代表的なものが木材建築であるためであらう¹⁸⁹⁾。

これらの用途の内容により、用いられる丸太を質的に分析してみると、その要求度はそれぞれの用途によつて著しい違いがある。いま、それらの用途によつて要求される材の性質を、林を育てるものの立場から分類してみると Table 12 のとおりである。

木材は幾多の優秀な特性をもつ反面、各種の欠点をもっている。その欠点を除くため材質改良の面から種々研究が進められているが、われわれ林業家は林を仕立てる立場から目的とする用途に適するものを供給することに努力しなければならない。そこで森林の保有を前提として、森林の最終収穫物である丸太に要求される質ならびに影響する要素をあらかじめ検討しておきたい。

(1) 丸太の大小

木材を使用するとき、用途によつて、丸太にはある大きさが要求される。したがって、最終伐期にどのくらいの大きさの林木をうるのかということは保育技術上きわめて大きな因子となる。一般的に製材用丸太は大径材を有利とする。特に板材を目的とするものは、無フシの大径材が望ましい。建築用材、土木用材等には大径木を絶対的条件とするものが少なくない。しかし都市に近いところでは、末口10~11 cm (3.3~3.5 寸)の小角材のとれるものがきわめて有利であり、12 cm (4 寸)角以上のものは需要が少ない。したがって胸高直径 14~18 cm までが有利で 20 cm 以上はあまり望まれていない。

ベニア用材は現在末口 25 cm まで供用されているが、将来は末口 20 cm くらいまで用いられるであろうといわれている。ただし、現在では大径材を有利とし、直径と歩止りには正の相関がある。

パルプ材や繊維工業用のものは大きさよりも容積重量の大きいもの、すなわち、繊維素の多いものが望まれている。パルプ工業としては、将来末口 8 cm まで供用されるだろうといわれている。

その他集成材、積層材等の進歩は、全体的にみて小径級のものでも使用可能となり、育林の方針にも影響することが少なくない。

(2) 完 満 度

前述のように全国的に需要のおおい小角材は完満な材が要求される。特に足場丸太などは、その要求度が高い。しかし餌肥林業のように造船用材を目的とするものは立木がウラゴケで、生ブシがあつても、使用上の欠陥とはならないので成林の初期は立木密度を少なくして単木の成長を早くすることをねらうばあいもある。

同齡林分の密度は、その林分を構成する木の細り度 (slenderness) であらわされることか^{GEVORKIANZ⁵⁰⁾}によつて指摘され、その指数は、

$$C = (AH)^b / (AD)$$

A: 年齢 (年), H: 林分の平均樹高 (ft), D: 平均木の胸高直径 (in), b: 常数

で示された。bは 1.0 に近い数字で、b=1 とおけば $C = H/D$ となる。樹高が同じ林分では、林分密度が増すと直径成長がおちるのでこの値は大となり、slender となる。疎開林分では小となり stout となる。十分に蓄積された林分では樹種ごとに細り度は一定であるという。筆者らが第4章、第2節の最大本

数密度の計算に用いた資料によるとスギ 0.84, ヒノキ 0.86, アカマツ 0.95 であつた。

林分の密度を常に高く維持してゆけば、本末同大の丸太がえられる。いわゆる足場丸太や小角材の生産にはこのことを留意しなければならない。

(3) フン

林木の品等で最も問題となるのはフンである。強度を必要とする材料は、生ブシがあつてもさしつかえないが、そのばあいにもフシが小さく分散していることが望まれる。外観を重視するものは、特殊のばあいを除き、フシのないことが特に必要である。

無フシの材を生産するには、森林保育の初期、林分の立木密度を高くし、早いうちに枝下高をあげることによつて目的を達することができる。若い時代に密生させることにより単木の肥大成長を犠牲にしても、なるべく早く 3.8 m 材 (2 間材) 1 玉ないし 2 玉分に相当する枝下高をあげ、枝はなるべく細いうちに陰樹冠に入れ、枝の太くなることを抑制し、自然落枝を助長し、枝打ちによつて補助することが最も経済的に無フシ材 (clear bole) を生産することである。特に側枝の拡張をおさえる必要のあるヒノキ、トドマツ、アカマツなどは若い時代に密生しても悪い影響が少ない。

立木からえられる元玉と 2 番玉とは全造材材積の大部分をしめることは Table 13 に示すとおりで¹⁸⁶⁾、よい形質の丸太は一層その価値をます。上部の丸太は比較的重要性が少なく、大径をねらうばあいは、上記の枝下高ができた後、間伐によつて適当なクローネをもたせて、肥大成長にうつすのが得策である。したがつて疎植主義のものは、特殊な用途をのぞき一般には大径材としても価値あるものがえられない。

ただしカラマツは初期の密生から回復することが困難であるので、植付本数を少なくするのが得策である。

Table 13. ヒノキ原木からえられる造材丸太の一例 (胸高直径 40 cm, 樹高 25 m, 材積 1.53 m³)
Bucking classification table for HJNOKI.
(D. B. H. 40 cm, Height 25 m, Volume 1.53 m³)

造材 Bucking classification	長さ Length (m)	末口径 Top-end- diameter (cm)	材積 Volume (m ³)	材積率 Percentage of volume (%)
1 番玉 1 st bucked timber	4.6	34	0.52	41
2 番玉 2 nd bucked timber	4.6	28	0.37	29
3 番玉 3 rd bucked timber	4.6	22	0.24	19
4 番玉 4 th bucked timber	4.6	14	0.11	9
5 番玉 5 th bucked timber	2.2	10	0.03	2

(4) 年輪密度

間伐の効果は肥大成長にあらわれ、年輪幅が広がる。これを規整する最も大きな因子は立木密度である。その起因は立木密度による林、特にクローネの構造のちがいによるもので、このことは、胸高断面積合計、または材積によつてあらわすこともできる。

日田林業では、ヤブグリといわれるスギは成長がおそく、年輪幅がせまいので柱材にむけ、ウラセバルのように成長が早く、年輪幅の広いものは板材や下駄材にむけている例もある。

吉野林業では、かつての樽丸生産にスギの密植と 100 余年の伐期までに大略 13 回もの間伐をくりかえす方式により、年輪幅のせまい均等な材を生産した。

一般に広葉樹材では、年輪幅の広い方が秋材率がおおく、強度が強い。成長の早い若い材の方が、最上形質の運動具を作るのに適する。英国では狭い年輪幅のカシワは柔弱なため、家具材としては広い年輪幅のものが仕事に容易であるとしている。

針葉樹材では年輪幅と強度に関して一般的定説がないようである。材の強度は比重に比例し、比重は秋材率の大きいものほど大であるとされている。年輪幅と圧縮強度については、北村¹¹⁰⁾はトドマツほか数種につき、三好¹⁴⁷⁾はヒノキにつき報告しているが、いずれも天然生林の資料によるため、一般的法則としてはさらに検討を要する。CHAPLIN³⁴⁾はイギリス産米松の年輪密度と圧縮強度につき、1 in の年輪数が6~7以下になると強度が漸減するが、それ以上ならばあまりかわらないことを測定し、保育的立場からは1 in の年輪数を6~7以下に育てるべきでないと述べた。しかし平井⁸⁰⁾は容積密度と年輪密度との間には一次の相関関係は認められないという。またTURNBULL²²⁶⁾によれば、*Pinus patula*と*Pinus radiata*につき、同一年齢の木にあつては年輪幅は強度に影響がないと報告している。

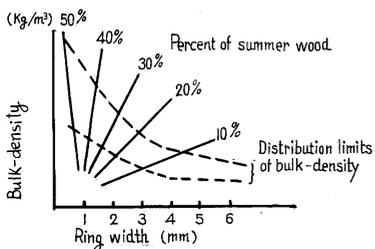


Fig. 23 トドマツ材の年輪幅と比重の関係 (加納原図)
Relation between the ring-width and the bulk-density in *Abies Mayriana*.

加納⁸⁰⁾は、トドマツ天然生林のきわめて多くの資料から針葉樹材について Fig. 23 のような傾向を示している。これによると年輪幅の広いものは、比重が全体としておちる傾向があることがうかがえるが、スギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツ等の人工林についてはまだ明らかにされていない。

材の年輪幅は強度のほか、狭い年輪幅が尊重される用途 (たとえば家具材、床柱) がある。しかし、これらは現在では天然生林から供給され、一般人工林にあつては成長量を大きくすることが社会的要請に答えるものであり、個人所有者に対して有利と思われる。

木材はその性質に応じてそれぞれ適した用途が定められているが、われわれは林を仕立てるばあい、育林技術によつて相当程度丸太の大小・完満度・フシおよび年輪密度などの因子を左右することが可能である。木材資源の十分にあつた時代は、無フシはもちろん、年輪密度が細かく均等で、光沢すぐれ、径級の大きいものが多く要求されたが、最近はいだいに径級の比較的小さく、質がおちても価格の安いものの需要がましてきた傾向にある。また、最近では木材の加工技術についての研究が急激に進んで、合板、繊維板、削片板および集成材等が出現し、木材の質より量が重視される傾向が強くなつてきたように思われる。

2. 間伐形式の諸法則性

これまで述べてきた間伐についての論議の中から、一般的な法則として認められるものをとり出し、間伐の要件として集約すると次のようになる。

要件 1: “満度の胸高断面積合計の 60% 以上の断面積をもっている林分は立木密度のいかにかわらず連年成長量に差があるとはいえない。また間伐の強弱によつて、単位面積から得られる総収穫 (伐期収穫に間伐収穫を加えたもの) は同一地位において一般に施業せられている間伐の強さの範囲では差があるとはいえない”。

(注) このことは第3章第1節に説明したとおりである。前段の量的関係はヨーロッパ大陸での試験結果であるから、わが国では追試を必要とするが一応のメヤスとして準用する。

要件 2: “単位面積あたりの材積総収穫量は、ある樹高階においては、密度の増すにしたがって増加し、ある密度以上においては恒量に達する。樹高階のすすむにしたがって、恒量に達する密度は低くなる。この関係にもとづいて、最短期間に経営目的上要求される形質の材を得ようとするには、あらかじめ植栽本数について考慮をするか、または間伐によつて密度を調節することが必要である”。

(注) パルプ、坑木等小径木でたり、かつ形質上の要求度の少ないものは、目的とする大きさの材が得られる密度で恒量の材積生産に達するような形式がとられる。この考え方から経営される一例は第5章第2節3に述べる熊本県芦北林業である（要件5Bならびに後述間伐形式の模式図参照）。ただし、長伐期林業になると複雑な他の条件から間伐、枝打ちの組合せが加わってくる。そのいずれをとるか、つぎに述べる諸要件（要件3, 5A参照）による。

要件 3: “比較的低い胸高断面積合計は、伐期における材積収穫をかなり犠牲にしても直径成長の増加を期待するばあいに採用すべきである”。

(注) 伐期材積が小さいかぎり胸高断面積合計は小さい。しかし平均胸高直径は逆に密度が低いほど大きくなる。このことはアカマツについておおくの報告がある^{24) 27) 99) 102) 183) 192) 194)}。

要件 4: “比較的高い胸高断面積合計は、伐期材積がおおく、枝下高が高く、かつ完満な材を期待するばあいに採用すべきであるが、直径成長はわるくなる”。

(注) 同一地位、同一年齢のとき、平均胸高直径は立木密度がたかくなるほど小さくなるが、胸高断面積合計は逆に増加する^{24) 27) 99) 102) 183) 192) 194)}。この関係は成長がすすんだ段階では立木密度があるところまで高くなると胸高断面積合計は接近してくるため、要件2の考え方が必要になる。枝下高については要件5A、完満度については要件6による。

要件 5: “丸太の形質をきめるには、植栽本数、間伐の開始期、幼齢期における間伐の程度、および伐期の長さが重要な要素となる”。

5-A: “伐期を高くして無フシの製材用丸太を生産するときには、林分の初期クローネ率 50%、枝下高 4m {3.8m 材 (2間材) 1玉の場合}、またはクローネ率 40%、枝下高 8m {3.8m 材 (2間材) 2玉の場合} に、なるべくすみやかにそれぞれ林を誘導する。したがって植付本数は、その林分を誘導するに必要な生物的要素と、それまでに利用できる経済的間伐収穫の有無によつてきまる”。

(注) このことは中村¹⁶⁹⁾ が各所で強調した点である。形質成長を強く要求したいままの樽丸林業で有名な吉野林業はこの要件にしたがって植付本数がきわめておおい。また同じ樽丸やその他の良材を産出する智頭林業もこの要件に示すように植付本数をおおくすることができないので枝打ちが集約に実行されている。

5-B: “パルプ材のように材積収穫に重点をおく場合は、材積収穫の恒量に達する立木密度で、かつ目的とする利用径級を満たす、立木密度の下部限界をとることにより直径成長と材積成長が満足される”。

(注) 間伐は、枝下高が伐期において許容される以上に競争によつてあがらないよう理想的におこなうべきであるが、結果として伐期が低くなるので主収穫が主となり間収穫はきわめて少ないこととなる。

5-C: “光線に感受性が強く、クローネ率が過度の立木密度とともに激減し、後になつて間伐しても回復の困難な樹種は、早期に間伐をするか植付本数を少なくする”。

(注) 要件5全体を通じ、5Aのばあいは、形質が決定してからは法則2によつて間伐を繰り返す、もつぱら肥大成長をはかり、間伐材はパルプ材等に向ける。全体を通じ林分密度が真に過剰でないかぎりは早期の無収入の間伐は、無駄な出費で後になつてパルプ材に向けられるような間伐材をへらす結果となる。

要件 6: “完満な材を必要とする場合は、立木密度を高くすることが必要である”。

(注) 立木密度が増すにしたがって、枝下高が高く、クローネ率が小さく、同時に幹材積成長量は上層でおおくおこなわれる。立木密度がへるにしたがって、そのわりあいは下層に移つてゆく傾向があ

る。胸高材数は密度の高いほど大きく、胸高直径率{(中央直径/胸高直径)×100}は密度の高い方で増加し、密度の低い方で減ずる傾向がある。したがって小角材や足場丸太等の生産は立木密度を高くする必要がある(第4章第3節参照)。

要件 7: “年輪密度の均等なものを望むばあいは、密植してしばしば間伐することを原則とする”。

要件 8: “間伐の繰返しは、しばしばおこなうのが理想であるが、一定の樹高成長(たとえば2~3m)ごとにおこなうのがひとつのメヤスである。要件5でのべた、間伐開始期を誤ると全生産期間を通じて致命的な悪影響をおよぼすおそれがある。ただし合理的な範囲内では、全生産期間の中途における間伐の繰返し期間が早すぎても、おそすぎても、また程度が強すぎても弱すぎても、同じ誤りが2回引き続いて繰返されないうるぎり致命的な結果をあたえるとは考えられない”。

要件 9: “クローネのうち最大多数の葉をつけた層以上を陽樹冠、それ以下を陰樹冠としたとき、陰樹冠が幹の生産にあずかることは少ない”。

(注) 高原²¹⁴⁾はこれについて生理実験をおこない、このことから成長上からみた枝打ち程度の基準は中庸度の枝打ちが成長を減ずることがほとんどなく、安全であるとしている。しかし経済的見地から枝打ちの回数を少なくするため、枝打ち程度を強くするばあいには、枝打ち直後しばらく成長を減退しても数年後には回復するような地位のすぐれたところに限定すべきであるとしている。

要件 10: “幹材積成長量の全材積成長量に対する割合は密度の増すとともにいくらか増加する傾向にある”。

(注) このことは幹材積を利用する場合は、立木密度の高い側が有利なことが示される。葉の同化生産物の幹への分配関係については、葉の生産能率にともなう生理的実験によつて、今後の研究にまたなければならぬ面がすこぶる多い(第3章第1節および第4章第3節参照)。

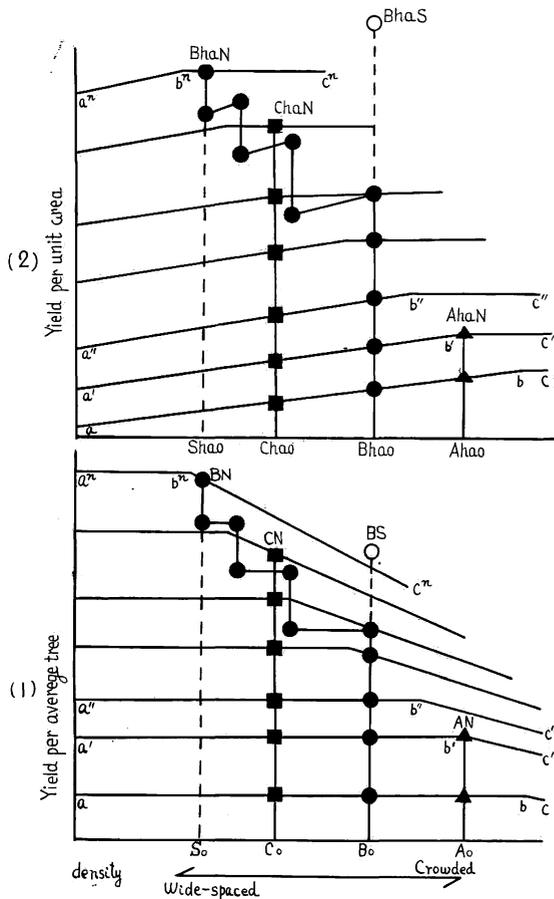


Fig.24 間伐形式の模式図

A model picture of the yield as affected by thinning schedules.

間伐形式の模式図

間伐の要件1~10によつて考えられる間伐形式を模式図として Fig.24 に示す。

この図は、一斉同齢林において林齢がすすむにしたがつて変化する。本数密度と平均単木の量 (Fig. 24, (1)) および単位面積あたりの収量 (Fig. 24, (2)) の関係を示し、これに間伐形式を模式的に図示したものである。

この図の基礎的な考え方は第3章第1節に述べたとおりであるが、要約して説明するとつぎのとおりである。

(1) は、ヨコ軸に単位面積あたり本数、タテ軸に平均単木の量(幹+枝の材積)をとつたもので、林齢の若い間は、各樹間に干渉、

または競争がおこらないので、密度がちがっても単木の収量にはかわりがない(図 $a''-b''$ で示される範囲, 以下図を省き記載する)。林齢がすすむにしたがって、高密度の側から競争状態にはいり、競争のはげしいほど(密度の高い側ほど)単木の収量はへる($b''-c''$)。またその傾きは林齢のすすむほど($b''-c''$ の n の高いほど)急になる。

(2) は、ヨコ軸に単位面積あたり本数、タテ軸に単位面積あたり収量(幹+枝の材積)を示したもので、干渉または競争のおこらない時代には、本数のおおひほど収量が多い($a''-b''$)。しかし、高い密度の側では林分が閉鎖して競争がおこると、やがてその収量は密度のいかんにかかわらず恒量となる($b''-c''$)。

この模式図を基として間伐形式を解説するとつぎのとおりである。

○密植短伐期形式 (Fig. 24 ▲—▲)

伐期における平均単木の大きさ AN は生産目標によつてきまる。その場合の最適本数密度は、その大きさの平均単木の量もち、しかも単位面積あたりの収量が恒量 $AhaN$ になつた (Fig. 24, (2) $b'-c'$) 最下限の密度 $Ahao$ できまる。ただし、この図は $Ahao$ から $AhaN$ まで本数が減らないという仮定がはいっているから、実際には $AhaN$ の密度をもつに必要な育林上の本数を最初とることが必要である。

また $b'-c'$ の恒量状態で幹材積の割合が密度の低い側で少なく、高い側でおおひことがはあくされれば、幹材積の割合のもつと多い密度まで高めることが有利となる。なお、この形式は短伐期であるため、保育間伐の効果があらわれる前に主伐がくるばあいについてのべてある。

○中庸の植付本数長伐期形式 (Fig. 24 ●—●)

この形式は、(1) では $Bo-BN$, (2) では $Bhao-BhaN$ の過程がとられる。この形式の生産目標 BN は (1) $So-BN$ の過程をとつたものとは本質的に異なる形質をもつ。かつ、そのような形質のものが間伐によつて時間的に短期間にえられる特徴を示している。この過程を同期間中間伐しないものと仮定した場合、(1) では $Bo-BS$, (2) では $Bhao-BhaS$ の過程をとる。この両者を比較すると、 BN と BS では平均単木の量がいちじるしく異なり、 BN の大なる反面、 $BhaS$ と $BhaN$ とでは $BhaN$ がいちじるしく少ないことを示している。

○疎植長伐期形式 (Fig. 24 ■—■)

平均単木の成長過程の早いことを望むばあいは、 $Co-CN$, $Chao-ChaN$ の過程がとられる。この形式においては、伐期における生産目標 (1) CN は平均単木の量としては大きい、形質は悪く、フンの多いウラゴケな材となる。

このばあいも、間伐材の利用される範囲で植付本数を増すことが考えられるが、間伐の因子がはいると図が繁となるので過程中的本数にかわりがないものとして示した。

(注) これは、生産材の目標と立木密度の関係についての概念を与えたもので、伐期の決定は平均収獲量を最大とする面から規整される。

3. 間伐形式の決定

間伐形式の決定とは、経営目標のちがいによつて間伐後に残存すべき本数のちがいを意味する。間伐試験、あるいは定期的に報告される間伐の成績は、まずその生産目的を明らかにするとともに、目的に対していかなる保育方法がよいかという特質を明らかにしなければならない。また、林を仕立てる実践にあつて、植付本数、除伐、間伐および枝打ちの量的な関係を明らかにしなければならない。それらの作業

は、最終目的である森林収穫物（丸太）の市場性の影響をうけて、その前提のもとに種々な目標をもつてくる¹⁸⁷⁾。このことは間伐の前提をなす大きな条件で、すでに 1939 年、KUNANTZ¹²⁰⁾ が間伐は単に保育的なものでなく、従来の間伐の意義を拡張して一つの収穫準則としての間伐を検討すべきであるとして、HARTIG の時代からの間伐に対する考察をおこない、今日の林業経営における間伐の必要性に言及している。

WOHLFARTH (1952)²⁴⁷⁾ は、1791 年に HARTIG がはじめて用いた“Durchforstung”なる語は、観念としては成長作用に用いられたが、現在にふさわしくするためには、その意味を“林分のごく初期から成熟に至るまでの、あらゆる保育の型を意味する”ものと解釈すべきであるとしている。

最近では 1953 年ローマで開かれた国際林業研究連合機構 (IUFRO) 第 11 回会議の第 23 造林部会でスイスの LEIBUNDGUT の指導のもとに、林分取扱いの研究、特に間伐に関しつぎのようなとりきめがおこなわれた³⁷⁾。

(1) 間伐取扱い試験の目的は、国際的目的として金言的にきめることはできない。地方的の状況と経済的条件が、それらの目的を決定すべきものである。しかしながら、造林的取扱いによる最終目的は、どの試験のばあいでも実施前に明らかにきめられねばならぬ。

(2) それによつて調査の結果は比較されなければならない。用いられる試験の方法は種々な見方の目的に対して標準化されるべきである。

その他の問題をも含めて、取扱い実践の実行委員として BADOUX, BUNUSEVAC, ELORRIETA, MÉTRO, SARVAS, SCHOBER, SILoy-LELIGOIS, Van MIEGROET が指命されている。

このように間伐の実行は、その目標に対して不変的、統一的な考慮を十分にはらわなければ、いかなる丸太を生産するために、あるいはいかなることを究明するために間伐ないし間伐試験が実施されているのか、根底が不明りようとなることが、国際的に関心をよぶに至つた。すなわち、間伐成績を実際において効果的にする基礎は、間伐に際して採用される間伐形式のいかんである。

現在まで樹型級の基礎にたつて一般におこなわれてきた間伐比較試験は、これまでに述べた事らについて考えれば、経営の目標は同一の範囲に属していたと考えられる。もしこれによつて否定的な主張が述べられるとするならば、林分取扱いの相違による成長論を見いだす以外に、いかなる因子によつて、間伐形式を区別すべきかが明りようになつているかに関して反問しなければならない。

間伐形式に関係する因子には、つぎのようなものがあげられる。

- (1) 植付本数 (2) 間伐開始時期 (3) 間伐量 (残存本数) (4) 間伐の方法 (選木の方法)
- (5) 間伐の繰返し期間

(1) 植付本数

形質間伐の原則論としては、最終収穫物の価値をます程度に植付本数のおおい方がよい。しかし伐期ならびに間伐収穫の価値が、収穫をとまなわない間伐の経費の償われないばあいには植付本数の減少が要求される。したがつて形質のよい材を目的とするばあいは、疎植によつては価値ある生産物を期待することは困難である。パルプ材のような物を目的とするばあいは、利用径級が最も早く、かつ最多の材積がえられる程度の植付適当本数が考えられる。

(2) 間伐開始時期

小径級木の利用される立地では植付本数がきわめておおく、間伐は早くから着手されるので、間伐開始

の時期は本質的には、枝下高を目的にそう高さにあげる時点と考えた方がよい。

保育の伐採の着手時点は間伐形式の基本的特質であつて、間伐着手時を異にする試験をおこなうばあいは、当初クローネの発育状態を比較考察し、枝下高の異なるものを同じ間伐形式の中に入れては比較にならない。

これには2つの大きな主義がある。

その1は3.8 m材(2間材)の一玉ないし二玉を製材用丸太として企図するばあいで、樹高成長の旺盛な林分造成の初期、立木密度を比較的高くして、速やかにクローネ率50%、枝下高4~8 mの林分に誘導し、枝が細いうちに枯れ上がらせて無フシ材の基礎をつくる仕立て方である。

その2はパルプ材や集成材を目的とするもので、成林後幹材積成長量が立木密度にかかわらず恒量に達する密度で、目的とする直径、形質が最短時間でえられる密度をきめた仕立て方である。

また樹種によつては、ごく早期に間伐しないと大径木の生産に導くことができないものもあり、このような樹種は間伐がおくると風害その他の気象の害にかかりやすい傾向がある¹⁴⁾。

デンマークにおいては、同一目的の用材生産においても2つの流儀がある。その1は、ABELL¹⁾の枝打ちの時期に都合よく、林木がその真の個性を示しはじめる時期に最終収穫木の仮の選定をおこない、それまでは間伐を弱度におこなう“wait and see method”である。その2はJAGD²⁰⁾の“active method”で、15~20年の早い時期から間伐を始め、ただちに仮の最終収穫木を選定するものである。しかしこの2つの流派とも、一般的に見て間伐をいつはじめるかという点を除いて、他の考え方では一致している。

(3) 間伐量(残存本数)

間伐量は、本数、樹間距離、断面積合計または材積等の絶対量から、それぞれの間伐基準にしたがつて、残存する立木密度を決定し、それによつてはじめて間伐歩合、すなわち伐除する本数が決定される。つぎに述べる間伐木の選定方法との間には、ある程度の関係は成立するが、この2者の概念は厳密に区別しなければならない。種々な間伐形式が、それぞれの立地において、いろいろな樹種の材積生産および価値生産におよぼす影響は、立木密度試験により解決される。

(4) 間伐の方法(選木の方法)

間伐方法は、一定の間伐形式のもとに、樹種の性質、樹型級(クローネの位置、幹およびクローネの性質)から評定し伐除する各個樹の順位と種類を定める。定量的間伐にあつては、年齢と地位に対応する適正残存本数基準、樹高または胸高直径に対応する適正立木本数基準あるいは断面積合計の基準が示されるので、これによつて間伐の程度が示されるから、間伐の種類は、各種の主義によつてきめられなければならない。しかし選木の方法は量を決める因子が除かれるので、きわめて簡単な基準でたりる。

KÖSTLER¹¹⁾は幼齡林における選木を、技術、経費または収入という点をはなれ、育林的な要求から伐除する順位をつぎのように論じている。

消費的淘汰(negative auslese) アバレ木、病木、被害木もしくは周囲に危害を及ぼす等好ましくない木の除去。

中立的淘汰(neutral) 単位面積あたりの立木本数の調節。

積極的淘汰(active auslese) クローネの保育、混交林の調節等。

間伐の種類としての上層・下層・択伐式間伐の相違は、根本的に主義の相違であるから、これらは樹種の性質、経済的立地、生産目標の差異によつて、そのいずれによるのが適切かを決定しなければならない。

い。しかしいずれも、定量化によつて、どれだけ残すかということがきまれば伐採木の選定は比較的容易である。

(5) 間伐の繰返し期間

生産目標により伐期密度は同一であると考えれば、その中間の間伐繰返し時期は、年輪密度の均一性を攪乱する因子で、材質と経済性にいちじるしい影響がある。年々間伐を繰返すことは理想的に考えられるが、立木は一樣なクローネの配置におかれており、実際において、その疎開は、毎年間伐を必要とするほど速やかに閉鎖を回復するものではなく、施業上の観点に立つても、かかる間伐は実際的ではない。

間伐の開始と繰返しに関しては COTTA⁹³⁾ によつて、“早くから開始して、頻繁に適度(控え目)の伐採を繰返す”(früh, oft und mässigvorsichtlich) というのが理想として提唱され、1854年 HEYER によつて強調されて以来林業家の金言とされてきた。この表現は定性的であるので、これを定量化することの要請がおおい。

間伐の繰返しは成長の遅速(樹種、林齢、地位等)および間伐の強さによつてちがう。わが国では吉野林業¹⁶⁶⁾において、経験上は林齢の約1/6(すなわち30年生ころは5年ごと、60年生前後には10年ごと)を標準としている。デンマークの上層間伐にあつては⁹²⁾¹⁸⁴⁾15~20年の幼齢林から弱度の間伐を、しばしば繰返すことがよい結果をもたらす、その繰返しの標準は年齢の1/10が適切であるとしているものがある。

HILEY⁹⁸⁾は“短い間隔で弱く”(little and often)を前提として密植をえらぶか、長い間隔で強度間伐を前提として疎植をえらぶかは、個々の樹種の造林の要求によらねばならぬとし、疎植には日本カラマツとベイマツをすすめている。しかしシトカトウヒは強い間伐がよいが5ft以上の間隔には植えないよう注意している例もある。一般的原則としては、間伐の繰返しは、樹高成長の少なくとも10ft(3m)ごとを要求し、ヨーロッパカラマツでは8ft(2.4m)ごとの例をあげている。これに対してHUMMEL⁹⁹⁾は2mごとを標準とする例を示している。植杉は東北地方のアカマツ林の間伐指針表で2.5mごと、筆者¹⁸⁶⁾が木曾地方のヒノキ林の間伐指針で示したものは、おおむね2mごととなつている。

間伐の繰返し年度がちがえば、成長経過に差を生ずると考えられるが、これに関してはまだ詳細な試験成績はない。インドにおいて、KRISHNASWAMYら¹¹⁹⁾のおこなつた *Pinus longifolia* の林齢10年から30年に至る間、優良植栽林分における間伐繰返し期間4、8、12年の差による結果は、つぎのようなことを示している。

- (1) 間伐繰返し期間の長いものは、直径成長が短いものより劣る。
- (2) 胸高断面積合計と材積の成長は4年と8年の間伐繰返し期間には差がないが、12年ではいちじるしく減ずる。
- (3) 枯損率は4年の間伐繰返し期間ではほとんど0に等しいが、長くなるにしたがい急速にます。
- (4) 繰返し期間のちがいによつて樹高成長と枝下高の長さには影響を及ぼさなかつた。

以上のことにより4年の間伐繰返し期間が最高の質の大材生産に優先するといえる。しかし4年は枯損による損失を防ぐことはできるが、断面積合計や材積成長に影響なく8年にのばすことはできる。12年では量的にも、質的にも劣ると述べている。

第2節 本邦人工造林保育形式の解析

1. 経営目標のちがいによる立木密度基準と保育形式

わが国でつくられたおおくの収穫表における本数と直径の関係は、WIMMENAUER*の法則²⁴⁰⁾によつたものと、吉田²⁵²⁾*の主張にしたがつたものがあるが、後者の立場にあるものでも同一直径階にある本数をくらべると地位による差は非常に少ない¹⁴⁵⁾。この差は最大約 10%、普通 5% 以下である。それゆえ、収穫表の主林木本数を各地位ごとに、各直径階に部分比例を用いて換算し、同一直径階に対応する各地位ごとの本数の平均 (\bar{n}) を求め、地位と年齢を除いた直径対本数表を各収穫表ごとに作製する。

つぎに、第 4 章第 2 節で述べた最大本数密度基準から求めた各直径階に対応する最大立木本数 (N_m) を求め、 N_m と \bar{n} との百分比、すなわち本数密度比数 (SDR) を、

$$SDR = (\bar{n}/N_m) \times 100$$

によつて収穫表ごとに求める。

これをわが国の有名人工造林地ならびに国有林のスギ、ヒノキおよびアカマツの収穫表につき図示すると、それぞれ Fig. 25, (1)(2)(3)(4) のとおりになる。この図に示された曲線を本数密度比数曲線とよぶことにする。

この図をよく見ると、経営目標のちがひによつて、全生産期間に維持される立木密度がそれぞれ異なることが理解される。

もちろん、著しく異なつた型の環境においては、同一取扱い (同一立木密度) によつても、必ずしも同一収穫がえられるとはいえないかもしれない。しかし、この立木密度比数によつて、明りようにいちじるしく育林学的に異なる取扱いによつて、異なる性質の収穫物がえられるという傾向は十分にうかがうことができる。

これら本邦の有名人工造林地の密度基準をながめると、いずれも最終収穫物である丸太の市場性に強く影響をうけていることがわかり、植付本数、間伐、枝打ちならびに伐期がきりはなせない関係にあることがわかる。

このような植付本数・間伐の開始時間・間伐後に残すべき立木本数・間伐の繰返し期間・主伐の時期と伐期本数などのちがひによる各種の施業方針を保育形式とよべば、本邦における有名林業地の特徴を整理統合すると、およそつぎのような保育形式に分類することができるであろう。

A. 特殊な目標をもつもの

神社、仏閣などの用材、いわゆる文化材を目的とするもので、超大径級木を必要とするばあいがおおい。たとえば伊勢神宮の式年遷宮に要する 1 回の丸太は、末口 22~120 cm、長さ 2~13 m のもの 11,705 本を必要とする。

京都の北山台スギ林業は磨丸太、垂木丸太を目標とし間伐をおこなわず、択伐的な取り扱いと特殊な枝打ちがおこなわれる。

B. 建築用製材丸太の生産を目標とするもの

全国的な市場性の視野からみると、丸太は径級の大きいほど製材に有利であり、フシの少ないほど品等がよい。したがつて、製材用丸太を生産するには、品等のよいものがえられるように当初間伐を弱くし、目的とする用材がえられる程度に早くから枝下高をあげ、細い枝を自然落枝または枝打ちによつて除去し、その後間伐による肥大効果をあげ径級の太いものを早く生産するのを原則とする。一般にこの形式の間伐材は早くから利用されることが望ましく、国有林の経営は、この形式がもつばら採用されており、

* 第 4 章第 2 節の 2 参照

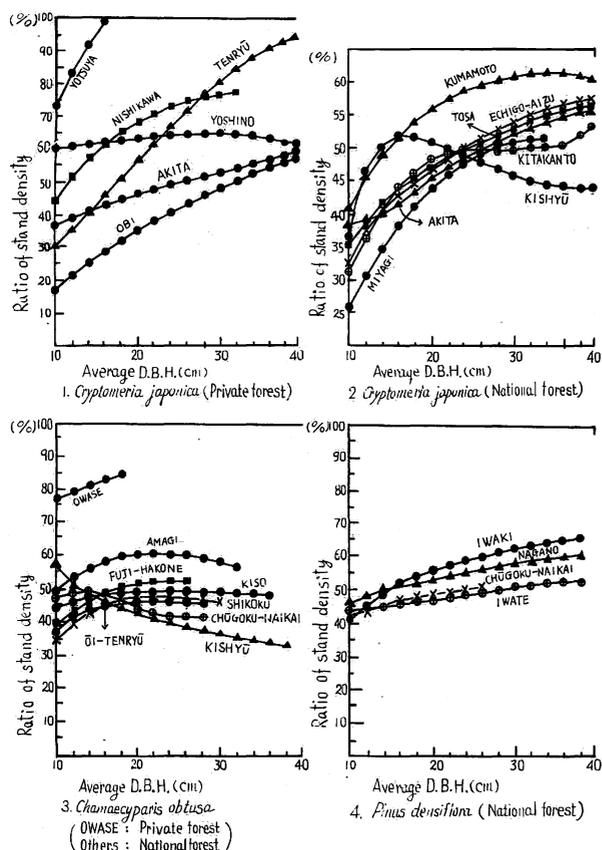


Fig. 25 各地方林業の本数密度比数曲線
Curves of the ratio of stand density in different localities
for *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*, and
Pinus densiflora.

よつて促進される直径成長の効果をあまり期待しない。そのため植付本数を比較的多くし、間伐は弱度におこなわれる。伐期本数を比較的多く残して、立木密度を高くし、小径木利用の際有利な本末同大の完満な材を期待する。

D(1). Dの例外的なもので、本末同大の足場丸太やミガキ丸太を生産の目標とし、きわめて密植して保育間伐をおこなわぬものがある。旧東京府下でおこなわれた四ツ谷林業がこれに属する (Fig. 25, (1))—四ツ谷林業式。

D(2). 比較的多植で小丸太、小角材、足場丸太の生産を目的とする短伐期林業 (Fig. 25, (1)参照)—西川林業式。

D(3). 比較的疎植で製材用丸太を目的とするため、あまり間伐はおこなわれない。疎植であるため材の価値はあまり高くない (Fig. 25, (1)参照)—天龍林業式。

E. 造船用材 (弁甲材) を生産の目標とするもの

造船用材が主たる目的であるため生ブソ等の存在は問題とならない。極端な疎植で単木的になるべく早い成長を期待する (Fig. 25, (1)参照)—飢肥林業式。

F. パルプ材や杭木の生産を目標とするもの

Fig. 25 の国有林の本数密度比数曲線を見ると、このことがよくあらわされている——国有林式。

C. 優良材 (樽丸材) の生産を目標とするもの

無フシはもちろん、年輪密度の均一な品質のよい丸太をうることを目標とするときには、密植して長伐期で間伐をしばしば繰り返す方法がとられる。吉野林業は樽丸の生産と京阪神をひかえ間伐材が初期から有利に利用されるのでこの方式がとられたが、近時樽丸の需要がほとんどなくなったため再検討がおこなわれている。しかし優良大径材の産出に吉野林業の声価があるが、後に述べる品等の劣るものとの材価の差が少ないときには経済的要求から植付本数がへらされるかもしれない (Fig. 25, (1)参照)—吉野林業式。

D. 小角材および足場丸太の生産を目標とするもの

市場性の関係で小径木が生産目標となるばあいは、伐期が短いため間伐に

パルプ材や坑木は従来形式Aの間伐材があてられていたが、このようなばあいの経営方針はかなり異なる方式がとられる。このような方式は今後の研究にまたなければならぬが、熊本県葦北地方におけるクロマツの人工造林が有名で、密植、短伐期で坑木資材の生産を主とする材積収穫の最大を期待している。

MANN¹²⁾ は、35年伐期のテーダマツにおいて、パルプ材を生産の目的とするばあいは、ごく弱度の間伐により直径成長はおちるが最大のパルプ用材の生産に適すると述べている。

Table 14. 保育形式総括表
Summary of various thinning schedules.

植付密度 Planting density	間伐 Thinning	伐期の長さ Rotation	林業地 Forest district
密植ないし多植 Close or slightly close planting	間伐をほとんどおこなわない。 Almost non-thinning.	短伐期 Short rotation	四ツ谷林業 YOTSUYA Forest District
	弱度の間伐をおこなう。 Light thinning.	短伐期 Short rotation	西川・青梅・尾鷲・芦北林業 NISHIKAWA, ÔME, OWASE, ASHIKITA Forest District
	早くからしばしば間伐をおこなう。 Frequent thinnings from early stage.	長伐期 Long rotation	吉野林業 YOSHINO Forest District
普通一般の植付 本数 Ordinary planting	弱度の間伐をおこなう。 Light thinning.	長伐期 Long rotation	智頭林業 CHIZU Forest District
	3.8m 材1玉~2玉の形質成長を 目標として、しばしば保育間伐を おこなう。 Frequent thinnings after accomplishment of clear length 3.8~7.6 m.	長伐期 Long rotation	国有林 National Forest
疎植 Sparse planting	単木の成長に重点をおいて間伐を おこなう。 Thinning to stimulate the growth of remaining individual trees.	長伐期 Long rotation	飢肥林業 OBI Forest District
	間伐をほとんどおこなわないか、 弱度の間伐をおこなう。 Almost non-thinning or light thinning.	短伐期 Short rotation	天竜・日田・小国・木頭・ボカス ギ・日光林業 TENRYU, HIDA, OGUNI, KI- TÔ, BOKASUGI, NIKKÔ Forest District

以上を要約すれば Table 14 のとおりである。

わが国はこの表のように古くから人工造林が発達し、最寄りの市場を対象として多くの保育形式が発達してきたが、漸次交通機関の発達、また木材事情の急変は保育形式に反映し、しだいにその特長が失われるかのような傾向がうかがえる。

2. 国有林の間伐の解析

A. 国家の要請

木材は全般的に不足しているので、需要者の立場からいえば、それぞれの領域において各種の材が要請されている。したがって、経済林業は、最小の資本と労力をもつて、最大の利潤を生むように経営されるのが一般の通念であるから、地方ごとの市場性が大きな役割を果たし、その地方の林業形態を根本的に左右するものである。

しかし国有林は、国家的見地からはできるだけ早く全体的に要求の最もおおい製材用丸太、すなわち

建築材を生産することを主目的としていた。したがって、前項形式Bにより形質のよい大径材を主伐収穫とし、初期の間伐材により小径材を供給するような方式をとつていた。しかし、この方式は一律に地方林業、民間林業の規範とすべきではない。また、国有林においては、危機に際して提供できる材の蓄積を必要とすること、大量の木材を輸入することは経済的な損失であること、丸太が製材用の大径木に達するときは成長量の割合以上に価格成長がいちじるしく増していたことにあつた。しかし国有林は全国に面積的なひろがりをもつているので、大企業的規模のもとに木材を消費地に送つている。そのためかなり一律な施業、たとえば同一な植付本数が採用されているが、さらに地利級をわけて、間伐材の利用されるところは植付本数を増加し、奥地で間伐材の利用されないところでは植付本数をへらす等一段の集約化が望まれる。

これに反して私有林は、早期の収入と利回りの有利なことを望むため短伐期がとられる。

しかし私有林は国家の全体的要請にこたえる以上に地方的要請にこたえているが、交通機関、特に陸上輸送の発達はいかにその差をちぢめつつあり、材積成長量の大きい林齢をへらして幼齡林におきかえることはいちじるしい不得策で、なるべく伐期を高くすることが望ましいであろう。

B. 国有林における収穫表の検討*

さきに述べたように（第3章第2節1）、国有林では収穫表を保育指針に活用する意図のもとに1949年以来多くの収穫表が調製されている。これらのうち、つぎの収穫表の調製資料から、収穫表を間伐指針として活用する上から一応の検討を加えてみよう。

スギ 北関東・阿武隈地方（1955）、紀州地方（1952）、土佐地方（1952）、熊本地方（1954）、秋田地方（1949）、越後・会津地方（1954）

ヒノキ 中国地方（1952）、紀州地方（1952）、木曾地方（1954）、大井天竜地方（1952）、富士箱根地方（1954）、天城地方（1954）

アカマツ 磐城地方（1952）

(1) 平均胸高直径と ha あたり本数との関係は地位によつて差が認められるか

各地方収穫表調製資料の標準地一覧表主林木欄の胸高直径 (D) と ha あたり本数 (N) を両対数上にプロットすると直線状になることが認められる。 D と N の回帰式 $\log N = -b \log D + a$ を地位ごとに求め、回帰分析により回帰係数および修正平均値の検定をおこなつたところ Table 15 の結果がえられた。この検定の結果地位間の回帰係数の差に有意性が認められたものはスギにおいては越後・会津 (5%) のみであり、ヒノキにおいては紀州 (1%) のみである。アカマツは1例であるが有意差は認められない。修正平均値についてみるとスギでは北関東・阿武隈 (5%) のみであり、ヒノキでは天城 (5%)、木曾 (1%) である。全般的に同一地域内において地位の間に差がないと考えてもよさそうだ。

このことから、もし林分が正常に取り扱われるならば、平均胸高直径を基準として地位にかかわらず適正本数を示してよいであろう。

(2) 平均胸高直径と ha あたり本数との関係に地域差が認められるか

(1) により各地域内の地位により差を認める必要がなさそうなので、各地方ごとに1本の回帰を求め、各地域の間で有意性の検定をおこなつたところいちじるしく有意であつた。しかしながら回帰係数をみるとほとんど差がないと思われるものもあるので、2つの地域の組合せを作つて有意性の検定をおこなつた

* 坂口勝美・安藤 貴：未発表

Table 15. 平均胸高直径と ha あたり本数の関係の分散分析
Analyses of variance for the relationship between average D.B.H. and no. of trees per ha.

(1) スギ SUGI				(2) ヒノキ HINOKI			
地 方 Locality	地位 Site	- b	b	地 方 Locality	地位 Site	- b	a
越後・会津 ECHIGO-AIZU	I	-1.4097	4.9054	富士・箱根 FUJI-HAKONE	I	-1.1076	4.4938
	II	-1.1986	4.5970		II	-1.0701	4.4671
	III	-0.6699	3.9467		III	-1.0080	4.4299
	Total	-1.0486*	4.3954		Total	-1.1041	4.5068
北関東 KITAKANTÔ	I	-1.4664	4.9879	天 城 AMAGI	I	-1.0833	4.4710
	II	-1.3046	4.7346		II	-0.9405	4.3828
	III	-1.2940	4.6927		III	-0.6953	4.1543
	Total	-1.3417	4.7915*		Total	-1.1026	4.5603*
紀 州 KISHÛ	I	-1.8745	5.5439	大井・天竜 ÔI-TENRYÛ	I	-1.2888	4.7161
	II	-1.9240	5.5655		II	-1.1709	4.5358
	III	-2.5330	6.3949		III	-1.2306	4.6105
	Total	-1.9532	5.6184		Total	-1.1983	4.5782
土 佐 TOSA	I	-1.3755	4.8450	木 曾 KISO	I	-1.2955	4.7240
	II	-1.2588	4.6790		II	-0.9725	4.3434
	III	-1.1144	4.4816		III	-1.0333	4.4416
	Total	-1.2645	4.6843		Total	-1.1163	4.5162**
熊 本 KUMAMOTO	I	-1.4482	5.0092	紀 州 KISHU	I	-2.0456	5.6919
	II	-1.4764	5.0248		II	-1.8446	5.4062
	III	-1.3160	4.7939		III	-1.5376	5.0055
	Total	-1.4065	4.9311		Total	-1.8633**	5.4244

(3) アカマツ AKAMATSU

地 方 Locality	地位 Site	- b	a
磐 城 IWAKI	I	-1.6162	5.0679
	II	-1.6616	5.1050
	III	-1.2629	4.5427
	Total	-1.4898	4.8747

* : 5% Significant

** : 1% Significant

Table 16. 平均胸高直径と ha あたり本数の地域差の分散分析
Analyses of variance for the relationship between average D.B.H. and no. of trees per ha in each district.

(1) スギ SUGI

	秋 田 AKITA		越後・会津 ECHIGO-AIZU		北関東 KITA-KANTO		紀 州 KISHÛ		土 佐 TOSA		熊 本 KUMA-MOTO	
	- b	a	- b	a	- b	a	- b	a	- b	a	- b	a
秋 田 AKITA	/											
越後・会津 ECHIGO-AIZU	*	*	/									
北 関 東 KITAKANTO	**	**	*	*	/							
紀 州 KISHÛ	*	*	*	*	*	*	/					
土 佐 TOSA	*	*	*	*	**	*	*	*	/			
熊 本 KUMAMOTO	0	**	*	*	0	*	*	*	*	*	/	

Table 16. (つづき)

(2) ヒノキ HINOKI

	中 国 CHŪ- GOKU		紀 州 KISHŪ		木 曾 KISO		大井・天竜 ÔI-TEN- RYŪ		富士・箱根 FUJI- HAKONE		天 城 AMAGI	
	- b	a	- b	a	- b	a	- b	a	- b	a	- b	a
中 国 CHŪGOKU												
紀 州 KISHŪ	*	*										
木 曾 KISO	*	*	*	*								
大井・天竜 ÔI-TENRYŪ	*	*	*	*	0	*						
富士・箱根 FUJI-HAKONE	*	*	*	*	0	0	0	*				
天 城 AMAGI	*	*	*	*	0	*	0	*	*	*		

0: Non-significant *: 5% Significant **: 1% Significant

ところ Table 16 のとおりである。この表からわかるように、同一傾向と認められるものは非常に少ない。この原因は、にわか結論をだすことは危険であるが、一応の検討を加えると次のようなことが考えられる。

a) 地域が異なるので、地域性の特性があらわれているのではないか。

Table 17. 平均樹高と ha あたり本数の関係の分散分析
Analyses of variance for the relationship between average height
and no. of trees per ha.

(1) スギ SUGI

(2) ヒノキ HINOKI

地 方 Locality	地位 Site	- b	a	地 方 Locality	地位 Site	- b	a
越後・会津 ECHIGO-AIZU	I	-1.1001	4.3038	富士・箱根 FUJI-HAKONE	I	-1.5050	4.2432
	II	-1.0287	4.1698		II	-1.1557	4.3147
	III	-1.6431	3.7786		III	-1.3696	4.5086
	Total	-0.8901*	4.0238		Total	-1.0885	4.2627
北関東 KITAKANTO	I	-1.5525	4.9177	天 城 AMAGI	I	-1.2687	4.4482
	II	-1.2829	4.5364		II	-0.8270	4.0660
	III	-1.3908	4.6280		III	-0.6906	3.9692
	Total	-1.3540**	4.6344*		Total	-1.0779**	4.2914**
紀 州 KISHU	I	-1.7068	5.1159	大井・天竜 ÔI-TENRYŪ	I	-1.3838	4.6227
	II	-2.6064	6.1635		II	-1.1545	4.2928
	III	-1.9337	5.2714		III	-1.0916	4.1976
	Total	-2.0445*	5.4814*		Total	-1.0934	4.2355*
土 佐 TOSA	I	-1.6454	4.9813	木 曾 KISO	I	-1.2398	4.4901
	II	-1.5167	4.7946		II	-0.9640	4.1888
	III	-1.3618	4.5637		III	-0.9898	4.2144
	Total	-1.4323	4.6858*		Total	-1.0420*	4.2706*
熊 本 KUMAMOTO	I	-1.3011	4.5835	紀 州 KISHŪ	I	-2.4505	5.7827
	II	-1.5857	4.8334		II	-2.1294	5.4227
	III	-1.4298	4.6325		III	-1.9558	5.1775
	Total	-1.4224**	4.6521*		Total	-2.0646	5.3471*

(3) アカマツ AKAMATSU

地 方 Locality	地位 Site	- b	a
磐 城 IWAKI	I	-3.0969	6.6883
	II	-2.0764	5.0194
	III	-1.5335	4.5857
	Total	-1.5135	4.6710**

*: 5% Significant

** : 1% Significant

b) 収穫表調製者の主観に相違があるのではないか。

このことは収穫表調製は寺崎式B種間伐により主副林木を区分しているからであるが、ちなみに、紀州地方はスギ、ヒノキとも同一主査によるものであるが、この地方の - b の価はいずれも他の地方にくらべていちじるしく高い。

このことから全国を通じ樹種ごとに一つの間伐指針を作ることは、現段階では無理があるものと考えられる。

(3) 主林木平均樹高と ha あたり本数の関係は地位により差が認められるか

各地方収穫表調製資料の標準地一覧表主林木欄の平均樹高 (H) と本数 (N) の回帰式を地位ごとにもとめ直径の関係と同様の検定をおこなった結果を Table 17 に示す。この表をみると地位間の平均樹高と本数の関係は、ほとんどの地方で、有意性を示すことが認められている。

そこで、H を基準にし、それに対応する各地位ごとの ha あたり本数を比較してみると、おおむね地位上より下の本数がいずれも少なく、かつ直径が大きくなっている。

直径と枝張りの関係は、直径が増加すると枝張りも増加する一定の関係がある^{103) 194) 222) 223)} ことがアカマツ等で知られているので、同じ樹高でも地位下の側で胸高直径が大きく、したがって枝張りが大きく、そのため ha あたり本数が少ないことが推論される。

しかしイギリスの HUMMEL⁸⁹⁾ は、優勢木 1 acre あたり 100 本の平均樹高を函数として収穫表を作り、地位ごとの変化は割に少ないとしている。またイギリスの Forestry Commission⁴⁹⁾ は、もつばら樹高を基準にして地位のいかんにかかわらず間伐後の残存本数を指示している。

嶺⁴⁸⁾ は氏の調製にかかる信州カラマツ収穫表の結果をつかち、樹高の函数として断面積、幹材積*の値をプロットして平均曲線を描くと、地位の区別なくほとんど一つの曲線となることを報告している。この事実から平均樹高の函数として収穫表を作るばあいは、地位をわけないで1本の表とすることが考えられると述べている。もちろん ha あたり断面積合計が同じでも直径がちがえば当然本数はちがつてくる。松下¹³⁸⁾ は樹高を基準とした間伐指針の便利なことを主張している。

以上述べたようにイギリスにおいて樹高を基準として間伐指針表のつくられるのは、あるいは地形の関係でわが国のような極端な地位差をあらわさないことも一つの要素と考えられる。しかし、わが国のスギやアカマツのように、かなり地位の広い幅にわたって植栽あるいは分布しているものは、地位のわるい側において生産構造の異なるものが考えられ、現段階ではこの程度の論議より先に進むことはできない。

したがって、いまのところ樹高を基準にする間伐指針表を作るばあいは地位ごとに区別するのが妥当であらう。

3. 本邦有名人造林地の解析

すでに論評したように、本邦有名人造林地の間伐をその経営の目標にしたがつてとられる形式に類別し、おのおのにつき市場性、生産目標およびそれともなう施業概要という観点にたつてかきなおしてみよう。

密植短伐期形式

四ツ谷林業

* この幹材積は立木材積表によつていので、立木密度や地位による胸高係数の差異はあらわれてこない。

(市場性) 元東京府高井戸地方(現在の東京都杉並区)を中心として、東京市場をひかえて発達した、いわゆる四ツ谷丸太林業とよばれるものである。現在は都市拡張の影響により、ほとんど姿を消した。

(生産目標) 四ツ谷丸太は、椽桁、丸柱、面皮柱の磨丸太を生産したもので、原則として角材とはしなかつた。椽桁は 3.8~14.5 m (2~8 間) 材で 35 年生以上のものがあてられ、丸柱は 25 年生以上のものは径 10~15 cm (3~5 寸)、長さ 3 m (10 丈) の円柱または床柱とし、面皮柱は径 10~15 cm (3~5 寸)、長さ 3~3.8 m (10 尺~2 間) の角柱で、四隅に丸味を残した。間伐材で 8~18 年のものは横木、15~35 年は舟棹、25 年以上は短材の磨丸太として吊束にあてられた。

その他完満細長材は旗棹、帆柱に、多少の屈曲不完満材は足場丸太、柵、垣の支柱にあてられた。

Table 18. 四ツ谷林業間伐基準
Thinning schedule in YOTSUYA Forest District.

回数 Frequency (times)	間伐年度 Thinning yrs. (yrs.)	間伐本数 No. of thinning trees (No./ha)	主林木本数 No. of main crop (No./ha)
1	12	400	5,540
2	15	450	5,190
3	18	450	4,640
4	22	350	4,260
5	26	350	3,910
6	32	310	3,600
7	38	300	3,300

Table 19. 四ツ谷林業の胸高係数
Form factor in YOTSUYA Forest District.

年 Age (yrs.)	胸高係数 Form factor
10	0.629
15	0.606
20	0.586
25	0.584
30	0.570
35	0.569
40	0.567
45 (i.b)	0.566
45 (o.b)	0.561

(施業概要) 植付本数は密植で、1 ha あたり 6,000~8,800 本である。間伐は被圧されたものの、被害をうけたものにとどめた。伐期は低く伐期本数はきわめて高く、40~45 年で ha あたり 3,300 本、材価は材積よりも、本数の多少と形質が重視された。原⁵⁹⁾が調査した間伐の基準は Table 18 のとおりで、密植、弱度間伐のため Table 19 のように胸高係数が非常に高い。

尾鷲林業

(市場性) 三重県北牟婁郡地方、特に尾鷲市を中心として発達した。紀伊半島東岸に位し、昔から江戸と浪速の海運の要所にあり、木材供給上の位置が有利であつた。伐採搬出の歴史は幕府または藩主への築城用材にはじまるといわれ、寛永年間(1704)にすでにスギの造林がはじめられた。

(生産目標) 初期は製炭事業が盛んで、その跡地にスギの造林がおこなわれ、大材生産を目標とし、粗植で長伐期であつた。その後木材の需要の増加とともに伐期も 40~50 年に下がつた。スギの単一造林繰り返しの結果、しだいにヒノキの混植歩合がふえ、現在は大半がヒノキ単純林で、通常 40 年くらいで皆伐する。生産物は、小丸太と足場丸太を主とし、小丸太は当地の製材業者で角材その他に加工されるが、足場丸太はそのまま市場へ搬出される。

(施業概要) 明治初期から、いちじるしく密植林業となり、明治末期にはヒノキ 1 ha 10,000 本植えといわれたが、現在は 4,000~8,000 本である。除伐は造林後 10~12 年の間におこない、枝打はほとんどおこなわない。間伐は 1 等地で植栽後 15~16 年目、一般には 20 年目くらいからはじめ、2~3 年間で 4 回くらいおこなわれる。三重県林務課による実態調査(1950)¹⁴²⁾は Table 20 のとおりである。第 1 回の間伐材は農業用稲掛け用材、第 2 回の太いものは足場丸太に向けられる。第 3・4 回はすべて足場丸太に供せられ、主伐時の本数は ha あたり 2,000 本で主伐材は建築用材または足場丸太である。

Table 20. 尾鷲林業施業基準
Standard management of OWASE Forest District.

場 所 Locality	鈴鹿郡 加太村	一志郡 家城町	一志郡 下之川村	多気郡 三瀬谷村	多気郡 大杉谷村	度会郡 大内山村	多賀郡 矢持村	北牟婁郡 尾鷲町
樹 種 Species	スギ ヒノキ SUGI HINOKI	スギ ヒノキ SUGI HINOKI	スギ ヒノキ SUGI HINOKI	ヒノキ HINOKI	スギ SUGI	スギ ヒノキ SUGI HINOKI	スギ SUGI	ヒノキ HINOKI
植付本数 No. of planting	4,500	4,000	4,000	4,000	4,000	6,000	4,000	5,000
除 伐 Improvement cutting	15 18	15	15	15	15	15	15	10 15 20
枝 打 Pruning	15 18	18	18	20	20	20	20	15 20
間 伐 Thinning	{ 1 st 2 nd 3 rd 4 th	20 25 35 -	20 25 30 35	25 30 35 -	25 30 35 -	25 30 -	20 25 30 35	25 30 35 -
主 伐 Final cutting (yrs.)	45	45	45	40	45	40	45	40

芦北林業

(市場性) 熊本県葦北郡および水俣市における林業である。明治以降天然生林からの山引苗の植付けがおこなわれるようになりマツの造林が始まった。明治 20 年代に佐敷近傍のマツを伐採し舟運により佐賀、長崎、大牟田の炭鉱へ積み出したのが坑木生産の端緒と考えられ、その後しだいにこの地帯一帯のマツが坑木用として伐採された。

(生産目標) 坑木資材の生産が目標であるが近年はパルプ原木としても注目されている。坑木として最も需要の多いのは末口径 12~18 cm (4~6 寸) のもので、胸高直径 15~24 cm のものが有利となり伐期は 20 年である。

(施業概要) 木場作がおこなわれ、明治における山引苗の植付けは、漸次モドウマツのマキツケ苗による造林にかわつた。植付本数は ha あたり 5,000~6,000 本で、坑木資材の要求を満たしている。

保育は植付け後 6~7 年目ころから除伐と枝打ちを数回おこなう。間伐は短伐期の関係から重要でなく、必要に応じて 1~2 回弱度におこなわれる程度である。

多植短伐期形式

西川林業

(市場性) 埼玉県秩父郡と入間郡で、入間川、高麗川の水源地域の林業は、徳川家康の江戸開府にあたり江戸に近い多摩川流域の青梅林業地と、それに隣接するこの地帯に御用材の供出を命じたのにはじまるといわれる。江戸の西方からくる材の意味で西川材といわれ、その木材産出地を西川地方とよんだ。現在は飯能市場から東京に材が輸送されている。

(生産目標) 大体 30~35 年を伐期とし、伐期本数は新植本数の約 75~80% で、その約 70% が小角物、横類に、30% は足場丸太または稲掛丸太に供せられている。

(施業概要) 植付本数は既往には三角形植栽で 6,000~9,000 本植がおこなわれたが、現在では 3,000

Table 21. 西川林業施業基準
Standard management of NISHIKAWA Forest District.

林齢 Age (yrs.)	施業 Management	備考 Note
1	植付 Planting	4,000~4,500 No./ha
7~13		閉鎖に入る。 The stand completes the closure.
10~13	第1回枝打 1st pruning	小払いといい下から 1~1.2 m の枝を払う。 The small lower branches are cut up 1~1.2 m above ground.
12~15	除伐 Improvement cutting	稲刈材 長さ 1.9 m (6 尺) The cut trees are used for pole to dry rice plant.
18~20	第2回枝打 2nd pruning	3.8 m (12~13 尺) まで枝打ち。 Pruned up to about 3.8 m
	第1回間伐 (10~15%) 1st thinning	胸高直径 10~11 cm (3.3~3.5 寸), 大部分は足場丸太に, 一部は角材に利用。 D. B. H. of thinned trees is about 10~11 cm, most of them are used for scaffolds and some are used for square timber.
25~26	第3回枝打 3rd pruning	5.4~9.0 m (3~5 間) まで枝打ち。 Pruned up to about 5.4~9.0 m.
	第2回間伐 (15~25%) 2nd thinning	胸高直径 12~13 cm (4~4.3 寸), 主として角材・柱材・母屋材をとり他は足場丸太。 D. B. H. of thinned trees is about 12~13 cm, most of them are used for square timber and pillar timber and some are used for scaffolds.
30	第3回間伐 (16~22%) 3rd thinning	長さ 3 m (10 尺), 末口 15~18 cm (5~6 寸) の柱をとる。 Thinned trees are used for pillar timber — top end diameter 15~18 cm, 3 m in length.
30~40	伐期 Final cutting	胸高直径 16~21 cm (5.5~7.0 寸), 伐期本数 1,500~2,000 D. B. H. 16~21 cm. No. of final cutting trees is 1,500~2,000

~5,000 本植がおこなわれている。下刈りは新植後 8 年以上にわたり, きわめていいねにおこなわれるので, 除伐は省略されることがあり, 間伐はわずかで, 被圧木, 枯損木を除く程度である。最近の施業はおおむね Table 21 のとおりである。

青梅林業

(市場性) 多摩川を中心とする青梅以西の地域およびその支流の秋川を周る五日市以西の地域の総称である。西川林業と同じく江戸の発展とともに林業が発達した。その特色は, 大消費地である東京都を控え, 交通至便で, 市況の変化に対応し, 応急的需要に応じられる強味をもつことである。

(生産目標) 伐期は既往には 25~28 年程度であったが, 近年は 25~30 年を最多としている。

生産の目標は柱材, 小角材および足場丸太であるが, 元口から 3~3.8 m (10~13 尺) を小角として, その上を足場丸太とすることが多い。

(施業概要) 植付けは 1 ha あたり 4,500~5,000 本と称せられているが, 実際にはいわゆるナワノビがあつて 3,500~4,000 本がおおい。除伐は新植後 10~15 年の間におこない, 枝打ちは除伐終了後おおむね 2 回, 5 年を隔て実施する。小角, 足場丸太の生産が目標であるのと, 間伐効果のあらわれる前に主伐の時期がくるため弱度の間伐をおこなっている。

最近の施業は, おおむね Table 22 のとおりである。

Table 22. 青 梅 林 業 施 業 基 準
Standard management of ŌME Forest District.

林齡 Age (yrs.)	施 業 Management	備 考 Note
1	植 付 Planting	3,500~4,000 No./ha
10		3,500 本植えのばあい閉鎖に入る。 Stand complete the closure in the case of planting no. 3,500.
15	第 1 回枝打 1st pruning	地上約 1.2 m (4 尺) まで根払い。 Branches are cut up to about 1.2 m above ground.
20	第 2 回枝打 2nd pruning	3.8 m (2 間) 以上。 Branches are cut up to about 3.8 m above ground.
20	間 伐 thinning	間伐は弱度におこなう。 Light thinning.
35	主 伐 Final cutting	胸高直径 15~17 cm (5~5.7 寸) 伐期本数 2,200~2,300 No./ha D. B. H. 15~17 cm, No. of final cutting 2,200~2,300.

密植長伐期形式

吉野林業

(市場性) 奈良県吉野郡下の吉野川、紀の川によつて、古くから流送、海運により大阪市場に有利に木材を供給できたことから、豊太閤の大阪城築城、近畿の繁栄にはじまり、徳川時代の初期から林業が発展し、江戸時代に施業の技術体系がととのつた。この林業繁栄の一面は元禄年間にはじまつた借地林業制度にもよつている。

(生産目標) 酒造用樽丸や酒樽を建築材の生産目標とした。特に樽材は 3 cm の厚さに少なくとも年輪 5 を要するので、密植と間伐と長伐期により年輪幅のせまい、無節通直完満な大材の生産を目標とした。しかし主目的であつた樽材は 1930 年ころからしだいに減じ、現在は建築材、一般材が主な生産の目標となつた。間伐材は小丸太として集約に利用され、特に 12~13 年のものはゼニ丸太 {径 3 cm (1 寸) 長さ 2.4~3 m (8~10 尺)} となり、その後回を重ねるにしたがい垂木 {径 6 cm (2 寸) 以上、長さ 3.5~5.4 m (12~18 尺)} や足場材、さらに末口 15 cm (5 寸) 以上の間伐材は建築材、電柱、柱、板に供せられる。間伐材のうち、直径 12~15 cm (4~5 寸) で形質のよいものは磨丸太に供される。かつての樽丸材は胸高直径 75~135 cm (2.5~4.5 尺) のもので心材が淡赤色、年輪密で、木目が通つた無フシのものが要求された。

(施業概要) 植付本数は、生産目標に答えるためきわめて密植で、1 ha あたり小川村では 15,000 本、川上村その他では 10,000~12,000 本であつたが、最近では樽丸材需要の減少と苗木代節約のため幾分減少している。枝打ちは植付け後 10 年ごろにおこない地上 1.2~1.5 m (4~5 尺) が払われる。スギはその後自然落枝によつたが近時は 2, 3 回枝打ちをおこなうことが多い。ヒノキは約 30 年で 4.5 m (15 尺)、45 年で 6 m (20 尺)、60 年で 10 m (35 尺) 程度に枝打ちされる。植付け後 9 年ころから間伐がはじめる。この地方の間伐は、残存林分の均一性を目的とする。収穫表は北村清治のつくつたものがあり、さらにさかのぼれば、森¹⁵⁰⁾ のつくつた間伐基準がある。これによると 14~15 年で間伐を始め、100 年までに 13 回の間伐をおこなつている (Table 23 参照)。

Table 23. 既往における吉野林業の間伐基準
Previous thinning schedule in YOSHINO Forest District.

林 齢 Age (yrs.)	間伐前 Before thinning (No./chô)	間伐木 Thinned trees (No./chô)	歩 合 Ratio (%)	残存木 Remaining trees (No./chô)	樹 高 Height (ken)		目通り周囲 Circumference at B.H. (shaku)	
					優 木 Dominant	劣 木 Dominated	優 木 Dominant	劣 木 Dominated
15	9,016	1,078	11	7,938	3.5	1.0	1.5	0.2
17	7,938	1,176	12	6,762	4.0	1.5	1.7	0.3
20	6,762	1,274	13	5,488	5.0	2.0	2.0	0.4
24	5,488	1,078	11	4,410	7.0	2.5	2.4	0.5
30	4,410	882	9	3,528	8.0	3.0	2.8	0.6
35	3,528	784	8	2,744	10.0	4.0	3.3	0.8
40	2,744	686	7	2,058	11.0	5.0	3.7	1.0
45	2,058	519	5	1,539	12.0	6.0	4.3	1.2
52	1,539	441	5	1,098	13.0	7.0	4.7	1.5
60	1,098	343	4	755	14.0	8.0	5.1	1.8
70	755	196	2	559	15.0	9.0	5.6	2.1
85	559	98	1	461	16.0	9.5	6.5	2.6
100	461	69	1	392	17.0	10.0	7.4	3.0
100~110	(392)							

植付本数：スギ 7,000 本，ヒノキ 2,800 本，計 9,800 本で 784 本（8%）の枯損を見込む。

伐期本数：スギ 274 本，ヒノキ 118 本，計 392 本。

Planting no. is 9,800 per cho (SUGI: 7,000, HINOKI: 2,800), 784 per cho (8%) is presumed in damage.

No. of final cutting is 392 per chô (SUGI: 274, HINOKI: 118).

中庸植長伐期形式

智頭林業

(市場性) 鳥取県八頭郡智頭町付近一帯でおこなわれている，さしき林業である。スギ人工造林の歴史は 300 年以上と称せられる。旧藩時代はわずかに鳥取市場の需要を満たすにすぎなかつたが，明治以降販路が急に拡張され，鉄道開通後は販路が一層開けた。

Table 24. 智 頭 林 業 施 業 基 準
Standard management of CHIZU Forest District.

林 齢 Age (yrs)	施 業 Management	備 考 Note
1	植 付 Planting	3,000~3,500 No./ha
15	第 1 回枝打 1st pruning	地上 1.5 m (5 尺)，手のとどく程度，胸高直径 9 cm (3 寸) ぐらい。 About 1.5 m above ground, D. B. H. about 9 cm.
20~25	第 1 回間伐 1st thinning	10% 程度 About 10%
(7~10 年ごと) Every 7~10 yers	2~4 回間伐 2nd~4th thinning	
25	第 2 回枝打 2nd pruning	地上 3.8 m (2 間) ぐらい，胸高直径 12 cm (4 寸) ぐらい。 About 3.8 m above ground, D. B. H. about 12 cm.
32~35	第 3 回枝打 3rd pruning	地上 7.6 m (4 間) ぐらい，胸高直径 18 cm (6 寸) ぐらい。 About 7.6 m above ground, D. B. H. about 18 cm.
50~60	伐 期 Final cutting	伐期本数 700~1,000本/ha, 800本/ha を適当とする。 No. of final cutting: 700~1,000 per ha.

(生産目標) 産出材は優良で、吉野スギと肩をならべ、特に樽丸材としての性質を備え好評があつた。現在は依然品質が高く評価され、特に板材、家具、船舶車輛材に向けられている。主伐木のおよその用途割合は、柱用材 55%, 板材 35%, 電柱 10% となつている。

(施業概要) 植付本数は *ha* あたり 3,000~3,500 本を標準とし、伐期は酒丸材の需要の多い時代は 50~80 年くらいであつたが、現在は 50~60 年で、伐期本数は 700~1,000 本/*ha*、胸高直径は 50 年で 24 *cm* (8 寸) くらい、60 年で 30 *cm* (1 尺) くらいである。

なお、材の品質を向上するため枝打ちをていねいにおこなうのが特徴である。施業の標準は Table 24 のとおりである。

疎植短伐期形式

天竜林業

(市場性) 天竜林業は静岡県天竜川本流の二俣町以北、水窪川、気田川、二俣川、阿多古川等の支流々域および大千瀬川の一部流域に発達したものであるが、それを中心として静岡、長野、愛知 3 県の隣接地が天竜林業の影響をうけている。造林の起源は約 300 年前、慶安年度の前後と推定されるが、その完成は明治 18 年金原明善によつておこなわれた大造林によるといわれている。徳川時代には管流、筏流しによつて天竜川を流し、河口の掛塚港から船積により江戸に出された。近年はトラック輸送が漸増し、二俣および中ノ町付近に製材工場が発達し、製品は東海道線により東西に仕向けられている。

(生産目標) 大体建築材として利用可能な径級を目標として、そのための最短伐期が選ばれている。

最近の主な用途は小丸太、小角材などである。過去において間伐材が利用できなかつたため疎植で速やかな肥大成長を期待したため、一般に材質は良くない。

(施業概要) 金原明善は、はじめ吉野式密植林業を範とし、*ha* あたり 10,000 本を植えたが、その後 3,000 本植えによつている。1,000~1,500 本という疎植で肥大成長をはかつたこともあるが、材質が劣り、下刈りが長くかかるので、現在は 2,500 本が多く、3,000 本を密植といつている。

早尾ら (1930)⁷⁰⁾ の調査では間伐はわずかに 1~2 回、全国山林会連合会 (1938)⁵⁴⁾ の調査では、間伐はしないで放任することが多いと述べている。浦川町森林組合¹⁷⁰⁾ では Table 25 のような間伐基準を掲げてその実行を奨励している。

Table 25. 浦川町森林組合による間伐指針
Thinning schedule of URAKAWA Town
Forestowner's Association.

林 齡 Age (yrs.)	間伐回数 Times of thinning	度 合 Ratio (%)	間伐本数 No. of thinned trees (No./ha)
15	1	20	600
20	2	25	600
30	3	25	450
40	4	20	270
50	(主伐) Final cutting		

植付本数 3,000 本/*ha*、伐期本数 1,080 本/*ha*。
No. of planting 3,000 per *ha*, No. of final
cutting 1,080 per *ha*.

Table 26. 龍山村での間伐基準
Thinning schedule of TATSUYAMA Village.

林 齡 Age (yrs.)	間伐回数 Times of thinning	間伐本数 No. of thinned tree (No./ha)
21	1	200
26	2	200
31	3	200
34	4	200
37	5	200
41	(主伐)	

伐期本数 1,200 本/*ha*。
No. of final cutting 1,200 per *ha*.

東京営林局照査課 (1951)²²⁾ の龍山村での調査では間伐回数は第 1 回の除伐後 (植付け後 15 年目)、5 年目ごとくらいにおこなう者もいるが、なかには全然放置しているものもあり、間伐歩合は本数 10~15% の弱度であると述べている。

龍山村での間伐基準は Table 26 のとおりである。

日田林業

(市場性) 大分県日田、玖珠両郡に属する林業地帯で、造林のはじめておこなわれたのは享保年間 (1716~) といわれるが、明治中期以降急速に盛んになった。明治初年以降は管流によって日田市に搬出され、それから後によって福岡県大川町および久留米市付近に送られた。その後しだいに水運が陸上運送にかわ

Table 27. 日田林業施業概要
Outlined management of HIDA Forest District.

品 種 SUGI races	ヤブクグリ Yabu-Kuguri	ホンスギ Honsugi	アヤスギ Ayasugi	ウラセバル Urasebaru
主たる生産目標 Object of management	帆柱, 曲物材, 家具材, 器具材, 酒樽, 土木材, 建築材, 板材 For mast, round chipbox, furnitures, instruments, wine barrel, public works, buildings boards.	電柱材, 下駄材, 建築材 For electric pole, wooden-clogs, buildings	建築材, 下駄材 For cnstruction, wooden-clogs	下駄材 For wooden-clogs
植付本数 No. of planting (No./ha)	2,500~3,000	2,500~3,000	2,500~3,000	2,000
閉鎖年度 Closed Age	9~10	8~9	8~9	8~9
間伐年度 ¹⁾ Thinning Age	1 st: 15 yrs. 2 nd: 20 yrs.	1 st: 15 yrs. 2 nd: 20 yrs.	1 st: 15 yrs. 2 nd: 20 yrs.	間伐はおこなわない。 Non-thinning
枝 打 ²⁾ Pruning	従来あまりおこなわれていない。 Approximately non-pruning so far. 1 st: 8~10 yrs. 3.3 m 2 nd: 12~15 yrs. 6.3 m	〃	〃	枝打ちはおこなわない。 Non-pruning
伐 期 Final cutting (yrs.)	34~38	32~36	32~38	35
伐期本数 No. of final cutting (No./ha)	1,500~1,600	〃	〃	〃
伐期直径 D. B. H. of final cutting (cm)	21	27~30	24~27	above 24
特 徴 Characteristics	ネバリ強く強靱, 成長がおそい。 Tenacious quality, slow growth.	材質粗悪, 成長が旺盛。 Inferior wood quality, fast growth.	材質中庸, 成長がよくない。 Medium wood quality, good growth.	材質軽軟, 品質はよくない。土地をえらぶ。 Light and soft wood, bad-quality, select the site.

- 1) 疎植と短伐期のため間伐は従来ほとんどおこなわれなかつた。また、間伐をおこなつてもごく弱度である。
 - 2) 枝打ちも従来おこなわれていない。一般に最後の下刈りの際 (6~7 年) におこない、その後は放置して自然落枝をまつ。
- 1) Almost non-thinning or light thinning has been done so far because of the sparse planting and short rotation.
 - 2) Almost non-pruning. Ordinarily a pruning was done in the last tending, and then they expected the natural pruning.

り、現在では日田市において製品化されるものが多くなった。

(生産目標) 主にサンキ造林によるもので、成長がすこぶる良好な反面、木理の細密なものは少ない。Table 27 のように品種により用途が違うのが特徴である。

(施業概要) 植付本数は地域、品種により異なるが概して疎植である。それは木場作に都合がよく、かつては交通の便が悪く間伐材の価値が少なかったことによるようである。特に三春原地方は極端に疎植ではなほだしいのは *ha* あたり 600 本以下、普通 3~3.8 *m* (10~12 尺) 間隔に植えられた。早尾ら (1930) の調査によると 1 *ha* 750~1,330 本くらいであつたが、2,200 本内外までふえたと記されている。最近では 3,000 本植えが標準となつているようである。この地方はいわゆるサンキ品種が区別され、生産目標と仕立て方を異にする代表的な例である。施業概要を Table 27 に示す。

小国林業

(市場性) 熊本県阿蘇郡小国町は、日田林業に隣接し同一環境のもとに発達した。スギ植栽の歴史は古いが、今日の盛況は明治 20 年 (1887) 前後からといわれている。

(生産目標と施業概要) この林業も日田林業と同様いわゆる林業品種によつて材の用途と仕立て方を異にしているが Table 28 に示すように日田と多少異なる点がある。

富山県西礪波郡石動町宮島地区の林業

(市場性) およそ 150 年以前からボカスギと称する品種がサンキ造林され、上長、肥大成長がきわめて旺盛なため、明治 20 年ころ植付けしたものが第 1 次欧州大戦後高収益をあたえたことに起因し、大正末期から大規模な造林がおこなわれた。その他、了輪スギといわれるものも造林されている。

(生産目標) ボカスギは成長は早い材質が悪いので、一般建築用材としてはあまり喜ばれず、丹攀注入がきわめて容易なので電柱材に使われている。了輪スギはボカスギに比べて成長が遅いが、材質がよいので桁板、建築用材、屋根板用にほとんどが使用されている。

(施業概要) 植付本数は 1,200~2,000 本程度で、植付け後数年間、間作をする。その後 30 年ごろから需要に応じて、間伐の意味を含めた抜伐りがおこなわれ 40 年生ごろを伐期とする。また植付け後 7~10 年に地上 1~1.2 *m* (3~4 尺) まで第 1 回の枝打ちをおこない、第 2 回は 3~5 年経ておこない、5.5~7.0 *m* (3~4 間) のクローネを残して枝をおろし、間伐は第 1 回 15 年生前後本数の約 20%、第 2 回は 20 年前後約 20%、第 3 回は 25 年前後で約 20% をおこない、主伐は直径 27~30 *cm* (9~10 寸) に達

Table 28. 小国林業施業概要
Outlined management of OGUNI Forest District.

品 種 SUGI-races	ヤブクグリ Yabu-Kuguri	アヤスギ Ayasugi
生産目標 Objective of management	角材, 板材 Saw logs	柱材, 橋梁材 Pole, public works
植付本数(No./ha) No. of planting	3,000	2,500
除 伐 (yrs.) Improvement cutting	10~12	8
間 伐 Thinning	1 st: 15 yrs. 2 nd: 20 yrs. 3 rd: 25 yrs. 4 th: 30 yrs. 5 th: 35 yrs.	間伐はおこなわ ない。 Non-thinning
枝 打 Pruning	1 st: 12 yrs. 約 2 <i>m</i> (7 尺) 手 のとどく範囲 About 2 <i>m</i>	1 st: 7~8 yrs. 1.8 <i>m</i> (6 尺) 程度 About 1.8 <i>m</i>
伐 期 (yrs.) Final cutting	35~40	40~50
伐期本数(No./ha) No. of final cutting	1,000~1,200	1,200~1,500
伐期胸高直径(<i>cm</i>) D. B. H. of final cutting	24~30	27~30

その他アヤスギといわれるものは、材質良好で成長中位のため、植付本数 3,000 本以上で、枝打ちは 2 回おこない、枝下高を 7.2 *m* (4 間) 以上に行っている。

The So-called "Ayasugi" has a good quality and grows just moderately, and so No. of planting is about 3,000 per *ha*. Pruning is carried out 2 times, and clear length is above 7.2 *m*.

する 30~35 年ごろにおこなうこともある。

なお杉の伐期は 50~60 年ころである。

日光林業

(市場性) 栃木県上都賀郡の大部分と河内, 下都賀および安蘇郡の一部の地域である。

木材はトラックで鹿沼, 今市, 栃木, 佐野等の集散地に運搬される。市場は鹿沼の建具, 栃木の下駄が有名で, その他電柱材, 一般用材として県内ならびに京浜, 埼玉, 茨城, 千葉に向けられている。

(生産目標) 建築用材の並材生産と電柱生産が目標である。大半は建築用材の角材, 板材であるが, 良質のものは建具材に用いられ, 並物の比較的大材は電柱となる。伐期は杉 30~40 年, ヒノキ 40~50 年である。

(施業概要) 植付本数は ha あたり 2,000~2,500 本である。枝打ちはヒノキにおこなわれるだけで杉には全くおこなわない。間伐は疎植短伐期のためあまりおこなわれなかつた。伐期の胸高直径は 18~25 cm (6~8 寸), 樹高は 15~23 m (8~12 間) である。

木頭林業

(市場性) 徳島県海部郡木頭地方の木頭林業は, 那賀川の上流地帯で, 本流と支流坂州川, 古屋谷川沿いの地域で, 木頭は木所木頭の意である。造林の歴史は宝暦年間 (1751+) にはじまり, 寛政年間 (1789+) に藩の積極政策により漸次発展し, 本格的な造林は明治 29 年, 日清戦役以後である。丸太は水量豊富な那賀川の流送によりおこなわれたが, 漸次陸送にかわつている。

(生産目標) 丸太の質はあまり良くなく柱, 角物, 板であるが, 製品の質は並である。

Table 29. 木頭林業の間伐基準
Thinning schedule in KITO Forest.

林 齢 Age (yrs.)	間伐回数 Thinning frequency	間伐歩合 Thinning percentage (%)
15~20	1 st	20~30
25	2 nd	20
30	3 rd	20

(施業概要) スギを主とし, 植付本数は ha あたり当初は 500 本程度であつたが, 現在では平均 2,000~2,500 本である。ただし, 奥地ではまだ 1,500 本くらいのところもあるが, 地利級のよいところでは最近 3,000 本植えがおこなわれている。一般に枝打ちはおこなわない。わずかに 7~10 年生ころ下刈りと同時におこなわれている。除間伐もあまりおこなわないが, 10

~13 年ごろ蔓切りのついでに 10% 程度のステギリがおこなわれることもある。

間伐を実行するときの標準は Table 29 のとおりである。

疎植長伐期形式

飢肥林業

(市場性) 宮崎県日南市および南那珂郡一帯にわたる区域で, 高温多湿は杉の生育に適し, 約 350 年前藩と地元民との間で部分林制度が発達し, それ以後一層造林事業が盛んとなつた。材は油津等に集められ, いわゆる弁甲材として西日本に名声があり, 一般材は北九州・阪神地方に多く出される。

(生産目標) 弁甲材と称する和船用の造船用材が主な生産目標である。オビスギと一般に称せられている地方品種が造林されているが, 疎植による盛んな単木成長とあいまつて, 軽い割合に材の組織が密で強く, 粘りがあつてヒビ割れが生じにくく, 水を吸収することが少なく, 耐久力があり, 抜ブシが少ない等の諸性質が造船用材としてすぐれている。ただし, 近年は弁甲材に対して一般用材の歩合が増加しつつあ

る。

(施業概要) 古来山地直挿法により造林され、林地は一旦木場作(前作)をおこない、挿付け後も2~3年は間作をしたが、最近では挿木苗を養成し植付けすることが多い。植付本数は、昔は ha あたり 750 本を普通としたといわれるが、早尾ら(1930)⁷⁰⁾の調査では、1,500~2,000 本で 2,500 本を越すことはないといわれ、山内(1950)²⁵¹⁾の調査では直ザシは 1,500~3,000 本、植付本数は 2,000~3,000 本と記されている。しかし、いわゆる飢肥林業の中心広渡川流域では 1,000~1,500 本の疎植が採用されているようである^{172) 173) 174)}。枝打ちは全然おこなっていない。30 年以後は枝が適度に閉鎖し、下枝が自然落枝し、林相を整美にして 60 年を越えると長幹となる。飢肥地方一般の施業概要は Table 30 のとおりである。従来部分林の伐期ならびに適正伐期も 55 年で、伐期本数は 400~500 本、胸高直径 45 cm、樹高 23 m くらいである。

Table 30. 飢肥林業の間伐基準
Thinning schedule in OBI Forest.

間伐回数 Thinning frequency	除間伐 Kind of tending	林齢 Age (yrs.)	間伐本数 No. of thinned trees	歩合 Ratio (%)	備 考 Note
1 st	除 伐 Improvement cutting	15~20	-	-	伐り捨て
2 nd	間 伐 Thinning	20~30	120	12	丸太材・板材に利用 General log or Saw log.
3 rd	間 伐 Thinning	30~40	130	20	40 年の間伐材(胸高直径 34 cm 以上)は舟甲材とし、それ以下のものは一般材とする。 Thinned trees below 40 yrs. are used for general log, and thinned trees above 40 yrs. are used for ship building. (above 34 cm D. B. H.)

第3節 間伐の指針

定量的な間伐の指針として、多くのモノサシのあることは第3章第2節で述べ、そのおのおのの優劣については同章第3節で論評したとおりである。わが国は定性的な間伐技術の展開に時をついやしたので、遺憾ながらもまだ信頼される定量的なデータの傍証が少ない。したがって、自然そのなかで採用されるものは限られてくる。

ここでは国有林で採用されている、形質のよい製材用または長幹無フシの丸太を生産の目標とする定量間伐の2つの方法を例示することとする。したがって経営の目標が異なれば、第5章の各節によって、当然それに適した間伐の仕組みにかきかえなければならない。

なお、この基準は現段階において合理的かつ実践的に容易な方法論をあたえるもので、最後の回答は後述の第5章第4節にまたなければならない。

A. 胸高直径を基準として樹間距離によるもの

この方法は第3章第2節に述べたとおりである。林野庁・林業試験場調製にかかる多くの国有林の収穫表で、主林木の平均胸高直径を基準とし、地位にかかわらず同一の適正本数を示してもよいであろうということについては第5章第2節に示した。

しかし使用にあたっては、直接胸高直径と樹間距離が用いられるので、過去において、同一取扱いをうけたかという履歴を十分に考慮しないと、同一生産目標の間伐指針の軌道にのせても良いということが理論的に考えられない。したがって実行にあたっては、これに関して十分な考慮をばらう必要がある。

Table 31. 主林木平均胸高直径を基準とした暫定間伐指針表
Tentative thinning schedule based on average D. B. H. of stock after thinning.

平均胸高直径 Average D. B. H. (cm)	スギ SUGI		ヒノキ HINOKI		アカマツ AKAMATSU		カラマツ KARAMATSU	
	残存本数 Reserved trees after thinning (No./ha)	平均樹間距離 Average spacing (m)						
6	2,931	1.8	-	-	4,626	1.5	1,713	2.4
8	2,626	2.0	3,309	1.7	3,141	1.8	1,583	2.5
10	2,364	2.1	2,658	1.9	2,205	2.1	1,444	2.6
12	2,037	2.2	2,174	2.1	1,652	2.5	1,299	2.8
14	1,745	2.4	1,803	2.4	1,297	2.8	1,149	3.0
16	1,503	2.6	1,539	2.5	1,051	3.1	1,000	3.2
18	1,297	2.8	1,329	2.7	879	3.4	847	3.5
20	1,128	3.0	1,157	2.9	750	3.7	719	3.7
22	990	3.2	1,018	3.1	645	3.9	613	4.0
24	872	3.4	903	3.3	567	4.2	529	4.3
26	774	3.6	808	3.5	502	4.5	486	4.5
28	693	3.8	728	3.7	449	4.7	411	4.9
30	624	4.0	661	3.9	405	5.0	361	5.3
32	565	4.2	601	4.1	367	5.2	320	5.6
34	515	4.4	548	4.3	334	5.5	288	5.9
36	472	4.6	500	4.5	316	5.6	265	6.1
38	434	4.8	463	4.6	291	5.9	-	-
40	415	4.9	432	4.8	269	6.1	-	-

(1) この資料は林野庁・林業試験場による林分収穫のうちつぎのものによつた。

スギ：北関東・阿武隈地方，ヒノキ：木曾地方，アカマツ：岩手地方，カラマツ：信州地方

(2) 各直径階の間伐後の残存本数は、各収穫表主林木の平均胸高直径と ha あたり本数から該当直径階の ha あたり本数を部分比例により地位ごとに求めその平均をとつた。ただしカラマツは平均胸高直径を基準として調製された収穫表の地位ごとの平均をとつた。

(3) 平均樹間距離は $\sqrt{10,000/\text{残存本数}}$ で計算した。

(1) This table was prepared on the basis of the yield tables in the following districts by Forest Agency and Government Forest Experiment Station; North-Kanto・Abukuma district for SUGI, Kiso district for HINOKI, Iwate district for AKAMATSU, and Shinshu district for KARAMATSU.

(2) The number of reserved trees after thinning for each diameter-class is the average of the values for three sites which were calculated on the basis of the average D. B. H. and tree number per ha in the yield tables. For KARAMATSU, however, it was calculated according to the same method by the yield table which was based on average D. B. H.

(3) Average spacing was calculated by $\sqrt{10,000/\text{Reserved trees after thinning (No./ha)}}$.

しかしこの方法は、わが国のように地位の変化の多い山岳林においてはきわめて便利な方法と思われる。

B. 樹高を基準として樹間距離によるもの

この方法は第3章に述べたとおり、年齢の項が樹高におきかえられているので、樹高を基準とした ha あたりの適正本数が地位のいかんにかかわらず、育林学的に許容される範囲で用いられることになれば、同一生産目標の間伐指針の軌道にのるので、きわめて合理的で単純となる。

MÖLLER のヨーロッパトウヒの収穫表は樹高と ha あたりの本数を5階級に分類し、地位のよい例ではほとんど同じである。イギリスの林業委員会で新しく調整された収穫表も同じ主義がとられている。しかしわが国のように地位の幅の広い範囲にわたつて植付けされたスギ、アカマツ等に対して調製された収穫

Table 32. 主林木平均樹高を基準とした暫定間伐指針表 (地位 中)
Tentative thinning schedule based on average height of stock after thinning at moderate site.

平均樹高 (H) Average height (m)	スギ SUGI			ヒノキ HINOKI			アカマツ AKAMATSU			カラマツ KARAMATSU		
	残存本数 Reserved trees after thinning (No./ha)	平均 樹間距離 (S) Average spacing (m)	H/S									
6	2,587	2.0	3.0	-	-	-	4,750	1.5	4.0	1,750	2.4	2.5
8	2,213	2.1	3.8	2,261	2.1	3.8	2,744	1.9	4.2	1,520	2.6	3.1
10	1,868	2.3	4.3	1,742	2.4	4.2	1,708	2.4	4.2	1,300	2.8	3.6
12	1,557	2.5	4.8	1,415	2.7	4.4	1,151	2.9	4.1	1,090	3.0	4.0
14	1,287	2.8	5.0	1,165	2.9	4.8	829	3.5	4.0	920	3.3	4.2
16	1,060	3.1	5.2	978	3.2	5.0	633	4.0	4.0	770	3.6	4.4
18	884	3.4	5.3	830	3.5	5.1	495	4.5	4.0	630	4.0	4.5
20	738	3.7	5.4	694	3.8	5.3	398	5.0	4.0	500	4.5	4.4
22	623	4.0	5.5	584	4.1	5.4	328	5.5	4.0	390	5.0	4.4
24	533	4.3	5.6	490	4.5	5.3	272	6.1	3.9	290	5.9	4.1

間伐の本質に関する研究 (坂口)

- (1) この表は胸高直径によるものと同一収穫表によつた。
 - (2) この暫定表はいずれも地位中に適用するものとする。
 - (3) 各樹高階の間伐後の残存本数は、各収穫表地位中の主林木平均樹高と ha あたり本数から、該当樹高階の ha あたり本数を部分比例により求めた。ただしカラマツは平均樹高を基準として調製された収穫表の地位 II によつた。
 - (4) 平均樹間距離の算定は Table 31 と同じ方法によつた。
- (1) This table was prepared on the basis of the same yield tables as used for table 31.
 - (2) This tentative schedule was prepared for the moderate site.
 - (3) The number of reserved trees after thinning for each height-class were calculated on the basis of the average height and tree number per ha in the moderate site of each yield tables. For KARAMATSU, however, it was calculated according to the yield table for site II, which was based on average height.
 - (4) Average spacing was calculated with the same method as used for Table 31.

表では、第 5 章第 2 節で述べたように、地位ごとに異なる基準表をつくっておくことが妥当のようである。地位を判定するには優勢木平均樹高の、または主林木の平均樹高のほか、林齢を査定することが必要となる。

Table 32 は樹高によつて間伐の繰返しを判断するイギリス式の考え方をいれてある。

第 4 節 間伐に関するこんごの問題点

われわれは、林分の生産構造と成長論から目的とする丸太を生産するための有意的な立木密度基準のあつたことを知つた。これらの基盤にたつて、同一取扱いによつたおおくの林分資料から一応帰納的に間伐基準を作製することができる。したがつて、その間伐基準の線にそつて林を誘導すれば、目的とする丸太の生産が約束されるはずである。

しかしその間伐指針が果たして目的とする丸太を生産するのに最も合理的、経済的なものであるかどうかを確定するには別の試験によらなければならない。

麻生²⁹⁾ は、アカマツ、カラマツ、スギ、ヒノキにつき、氏の仮定した適正本数を基準として、立木密度試験方法書³⁰⁾ を立案し、旧国有林において試験を開始しようとしたが、戦争に直面し遂にその実現をみながつた。

松下は植付本数および間伐試験に対し、単位面積あたりの立木本数が林木の形態品質にいかなる影響を与えるかということを検討し、両者間の数学的関係をはあくするのを目的とする立木本数試験が基礎的なものとして必要なことを強調した。すなわち、いかなる形態品質——直径、完満度、枝の太さあるいは大きさ等——の林木を生ずるか、逆にいえば、所定の形態品質をうるための立木本数を求める試験を必要とすると述べた。

中村が¹⁹⁴⁾ これにさきだつて 1938 年アカマツ植栽疎密試験地を設定し、密度と成長および生産構造について解析を加え、また筆者らもアカマツ天然生幼齡林について同様な解析をおこなつたことについてはすでに述べたとおりである。

中村は間伐問題の解決には立木密度試験のきわめて重要なことを強調し、新たな試験計画を提案している。

かかる試験地が組織的につくられ、各種の群落構造にもなる林分の生産構造が解析されることにより、はじめて本問題は完成されるであろう。

もちろん、これに平行して MÖLLER によつて展開されている生理生態実験によつてその裏付けとなる演繹的資料をはあくしなければならない。

要 約

間伐は、造林上もつとも重要な技術であつて、その適否によつて生産される木材の材質、ならびに大きさに大差がある。

その施行方法は、樹種・立地などの林木の成長状態を支配する自然要素や植付本数・枝打ちなどの育林技術によつて影響されるだけでなく、経営主体の意志や、これに影響をおよぼす社会経済的要件によつてきまる生産目的材の種類・大きさや伐期、材の価格や労賃などによつても変わるものである。したがつて、16世紀以来、現在にいたるまで、世界各国においておどろくほど多数の研究報告が発表されていて、これを整理して論評を加えるだけでも容易でない。

著者は、広く各国の文献を渉猟し、これを詳細に検討しながら、間伐に関する基礎的で重要な諸問題を考察し、それにもとづいて、国有林ならびに著名の林業地における間伐法を吟味して間伐の本質を明らかにし、これに指針を与えたもので、本文は II 部、5章からなつている。

第 I 部では、従来論議された間伐の諸問題を、第 1 章 間伐の歴史的発展、第 2 章 定性的な間伐、第 3 章 定量的な間伐、にわけて検討した。

第 1 章では、ドイツ・スイス・デンマーク・イギリス・南アフリカ・インド・フィンランド・フランス・アメリカなどの国々や日本で、古くから今日まで発展してきた間伐技術を歴史的に探求し、これを時間的縦のつながりで組織的に整理して、間伐の問題点を明らかにするとともに、第 2・3 章への横観的見方への背景を与えた。

第 2 章は、定性的な間伐について論述した。間伐は、ドイツにおいて、最初経験的基礎によつて、放置しておけば枯損することになる木を利用する利用間伐が、自然発生的にうまれたが、それらが保育間伐へ発展して、学術的体系が認められるようになった第 1 段階では、まず樹型級を基礎とする定性的間伐が行なわれた。樹型級のわけ方は、主としてクローネの発達状態や幹の形質によるものがおおく、各国の学者がきわめて多種の樹型級を発表している。著者は、これを分類わけして詳細に紹介するとともに、その特性を批判し、ついで間伐木の選定方法のちがいを検討して系統的な分類をした。この樹型級を基礎とする定性的間伐は、各国ともに広く実行されたばかりでなく、わが国でも現在に至るまで、なお主流をなしていたものである。

しかし、それをあらゆる観点から得失を嚴重に批判すれば、樹型級の区分が学者によつて一定しておらず、またその決定法は主観に左右されやすく、林分の構成状態その他の事情によつて、同一種の間伐でも間伐程度(量)が彷徨的となつて現われる点が指摘される。

間伐の目的が、経営上、経済的要因のもとに要求される丸太の量的質的の生産を最高度にたかめることであるとすれば、その目的を達成するには、定性的な樹型級に基礎をおく方法のみによつては、解決困難な点を明らかにするとともに、定量的な間伐へ進むべき必然性を明らかにした。

定量的間伐に付随しての樹型級は、従来のように樹型級によつて同時に定量化をはかろうとした歴史的束縛から解除されるので、きわめて簡易化されることとなる。また、選木方法の異なる主義、すなわち上層・下層・択伐式・形質・機械的の各種間伐や自由・群状・枝打ち・品種間伐などの選木手段の意義については、その意義を明らかにした。

第 3 章は、定量的な間伐の発展の歴史とその主張の根拠、間伐量の決定法と選木法などを詳細に紹介して批判を加えた。

間伐に対して定量的な考え方が発生した根底には、間伐の強さ、したがって立木密度のちがいによつて、単位面積あたりの主伐・間伐合計の材積成長量がどう変化するかという研究が前提となる。それは、間伐の強弱が、材積総収穫量の多少におよぼす影響は、間伐問題の初期の課題であり、長く未解決の領域であつたからである。

この問題に関するおおくの学者の発表を紹介批判するとともに、最終的に、

(1) 従来の間伐種比較試験地からえられた結論 [MÖLLER (Fig.3 参照), WIEDEMANN (Fig.2 参照), その他による]

(2) 1 年生作物から考えられる永年作物である林木の密度と収穫量についての仮説 [BAKER (Fig. 4 参照), LANGSAETER (Fig. 5 参照), による], および 1 年生作物からえられた密度と生産量との関係 [吉良ら文献 108] による]

(3) アカマツ人工林の密度比較試験地からえられた結論 [中村の設計したアカマツ固定試験地 (Table 3 参照) による]

(4) 立木密度のちがう天然生林の時間的経過 (樹高階ごとに) による成長の解析 [著者ら (Fig. 6~11 参照) による]

など、各種の傍証から「同一の地位では、間伐の度合によつて、間伐材積をふくむ全生産期間の材積収穫の総量には、有意的な差があるとはいえない」とする結果が、妥当であるという根拠をつかんだ。

このように、普通の施業林で行なわれる間伐の度合によつて、幹材積の総生産量に差があるといえないことが明らかになれば、間伐の問題点は、要求される個樹の大きさと形質をうるために、伐期を高めることなく、間伐によつて残存立木密度を規整する手段にしぼられ、定量的な間伐が登場することになる。

定量的間伐には、収穫表その他から適正本数をきめる方法、胸高直径または樹高を基準とする方法、胸高断面積合計を基準とする方法などが公表されており、なおそのおのおのに数おおくの方法が提案されている。著者は、これらを詳細に紹介して利害得失を検討した。

第 II 部は、第 I 部の論議を基礎とし、著者が収集した資料に基づいて、第 4 章で、林分の成長論および生産構造を論じ、第 5 章で、経営の目的のちがいによる森林保育形式を検討した。

第 4 章では、苗木を植えてから、林分が閉鎖して伐期に達するまでの生育過程を、6 つの段階にわけ、その推移と内容を考究し、または立木構造について、おおくの学者の分類法を紹介した。

つぎに、本数密度のあらわし方を検討した結果、REINEKE の立木密度の式、

$$\log N(\max.) = -1.605 \log D(\text{inch}) + K$$

ここで、 $N(\max.)$: acre あたり最多本数、 D : 平均木の胸高直径 (inch),

K : 樹種によつてきまる定数

と、これをつかつて計算する stand density index (SDI, 立木密度指数) が、最も適した方式であると考へて、本邦主要造林樹種であるスギ・アカマツ・ヒノキ・カラマツの無間伐、ないしそれに近い林分の測定値をつかつて、最大本数密度式 (46 ページ参照) を計算した。

また、林分の生産構造について、材積と葉の量、幹の形、生産能率その他の要素が、立木密度とどういふ関係にあるかを検討した。

第5章では、生産される丸太の質的要素として、胸高直径、完満度(細り度)、年輪密度、フン、枝下高、樹冠率が重要であることを指摘し、全生産期間の立木密度のちがいによつて、これらがどう変わるかを検討した。

これによつて、立木密度のちがいにともなう林分および単木の成長論と生産構造を明らかにし、森林経営の生産目標にしたがつて、収穫される丸太の量と質を規整するのに必要な保育形式決定に関する十大要件(52ページ参照)をえらんだ。

保育形式はまた、経営の目的である森林収穫物(丸太)の市場価値を目標として、植付本数、初回間伐の時点(枝下高の上昇)、間伐の強さ(残存本数と間伐量)、間伐の方法(選木法)、間伐繰返し期が変わることによつてきまるもので、これらを各項目ごとに詳細に吟味して、上に導いた十大要件を考慮しつつ、形式がどうなるかを考察した。

つぎに、経営目標のちがいによつて本数密度がどうちがうかを、さきに第4章で述べた REINEKE の full density の概念から求めた、わが国主要樹種の最大本数密度基準線を基準として、わが国有名人工造林地ならびに国有林の収穫表の実例から本数密度比数(Fig. 25 参照)を追跡した。

この本数密度比数によつて描かれた曲線を比較検討して、密植短伐期形式(旧四ツ谷・尾鷲・芦北・西川・青梅)、密植長伐期形式(吉野)、中庸植付本数長伐期形式(国有林・智頭)、疎植短伐期形式(天竜(旧)・日田・小国・宮島・日光・木頭)、疎植長伐期形式(飢肥)の特徴が、いずれも前述の十大要件と関連して、目的性と経済性の裏付けのあることを、きわめて明りように解析した。

かくして、おのおのの経営目標にしたがつて間伐基準作製の根拠を与え、間伐の意義を明確にするとともに、合理的かつ実行容易な間伐の指針を求めた。すなわち、平均胸高直径と ha あたり本数との関係は、地位によつて差が認められないことを確かめて、胸高直径に基準をおく立木本数の表を作製した。また、平均樹高と ha あたり本数との関係が地位によつて差があるかどうかの検定も行なつて、これは地位を区別するのが妥当と思考され、基準表は地位中のものを示した(Table 31, 32 参照)。

最後に間伐に関する、こんごの問題点として、目的とする丸太を経済的に生産するための間伐基準は、上のようにして一応帰納的に作成せざるをえないが、こんごは合理的な実験計画に基づく立木密度試験から、林分の成長および生産構造を解析するとともに、林木の生理生態の実験によつて、その裏付けをなす資料をつかみ、より一層精度を高める必要のあることを強調した。

これを要するに、本文は造林上、もつとも重要な間伐、枝打技術について、今まで各国で実行されたり学者によつて提案された数おおくの方式や学説に詳細な検討批判を加え、保育形式を系統的に分類するとともに、従来の樹型級を基準とする定性的間伐の欠点を指摘して、近時主張される林木成長論ならびに林分生産構造を基礎とする定量的間伐がすぐれている根拠を明らかにし、おおくの資料と実験結果に基づいて、主要造林樹種に対する間伐の数量的基準を指示するにあつての考え方を明らかにし、混乱をきわめていた間伐の理論と実行法に明快な回答を与え、学術上ならびに応用上に寄与したものである。

文 献

- 1) ABELL, J.; The "Wait and See" Method of Thinning, Thinning Problems and Practices in Denmark, State Univ. of New York Tech. Pub., No. 76, (1954) p. 51~58
- 2) 麻生 誠：アカマツ林の取扱いについて，赤松林施業論文集，(1943) p. 314~321
- 3) ————：立木度比較試験方法書，農林省山林局(1943)
- 4) ARNSWALDT, J.: Die Stärke des Pflegehiebs in der Buche und ihre Wirkung auf die Stammgrundfläche, Forst. u. Holz, 8 (17), (1953) p. 247~250
- 5) ASSMANN, E.: Die Dänische Durchforstung, ihre Einfluss auf die Ausgestaltung und den Wertzuwachs des Buchenwaldes, Intersylva, (1943)
- 6) ————：Seebachbetrieb und neuzeitlicher Lichtwachsbetrieb, Forstwiss. Zbl., 68, (1949) p. 129~151
- 7) ————：Bestockungsdichte und Holzerzeugung, Forstwiss. Zbl., 72, (1950) p. 69~101
- 8) ————：Grundflächen und Volumenzuwachs der Rotbuche bei verschiedenen Durchforstungsgraden, Forstwiss. Zbl., 69, (1950) p. 256~286
- 9) AVERELL, J. L.: Rules of thumb for thinning Loblolly pine, Jour. Forestry, 43, (1945) p. 649~651
- 10) BADOUX, E.: De l'influence de divers modes et degrés de éclaircie dans les hêtres purs, Mitt. d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes, (1939)
- 11) BAKER, F.S.: Stand density and growth, Jour. Forestry, 51, (1953) p. 95~97
- 12) ————：Principle of Silviculture, New York, (1950)
- 13) BECKING, J. H.: Einige Geschicht punkte für die Durchführung von vergleichenden Durchforstungs versuchen in gleichälteren Beständen, IRFRO, 11 ieme Congres Rome, 1953 (1954)
- 14) BINDSEIL, : Auf welchem Wege erziehen wir astreines Stammholz?, Silva, 369, (1953)
- 15) BITTERLICH, W.: Das Relaskop, Allg. Forst- u. Holzw. Ztg., 60, (1949) p. 41~42
- 16) ————：Das Spiegel-Relaskop, Österreichs Forst- u. Holz., (1952)
- 17) ————：Die Winkelzahlprobe, Forstw. Zbl., 71, (1952) p. 215~225
- 18) BOGGESS, W. R.: Row-thinning in a 14-year old shortleaf pine plantation in Southern Illinois, Univ. of Illinois Agric. Expt. Sta. Urbana, (1951)
- 19) BOPPE, L.: Traite de Sylviculture, (1889)
- 20) BOHDANECKY, J.: Zur Frage der Erziehung Fichtenbestände, Forstwiss. Zbl., (1926)
- 21) BOHNEBUSCH, C. H.: Eindruck Forstungsversuch in Fichte, (Danish with German Summary) Det. forstl. Forsogso. i Danmark, Bd. 13, (1933)
- 22) BORGGREVE, B.: Die Holzzucht, Berlin, 2nd ed., (1891)
- 23) BOYSEN JENSEN, P.: Die Stoffproduktion der Pflanzen, Jena, (1932) p. 108
- 24) BRIEGLEB, P. A.: An approach to density measurement in Douglas-fir, Jour. Forestry, 50, (1952) p. 529~536
- 25) BROWN, J.: The Forester, London, (1851)
- 26) BRYAN, A. A., R. C. ECKHARDT and G. F. SPRANGUE: Spacing experiments with corn, Jour. Ame. Soc. Agron., 32, (1940) p. 707~714
- 27) BULL, H.: Recommendations for thinning young slash pine, Southern Forest Exp. Sta, New Orleans, (1949)

- 28) BÜHLER, A. : Durchforstungsversuche, Mitt. d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchswes. Bd. III
- 29) BURGER, H. : Physikalische Eigenschaften von Wald- u. Freilandböden, Mitt. d. Schweizer. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen, (1922, 1927, 1932, 1937, 1940)
- 30) ——— : Holz, Blattmenge und Zuwachs, Mitt. d. Schweizer. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen, (1929, 1939, 1940, 1941, 1942, 1945)
- 31) BUSSE, J. : Gruppendurchforstung, Silva 19, (1935) p. 145~147
- 32) CHAISMAN, H. H. and F. X. SCHUMACHER : On the tree-area ratio certain of its applications, Jour. Forestry, 38, (1940) p. 311~317
- 33) CHAMPION, H. G. : Manual of Indian Silviculture, Oxford, (1938)
- 34) CHAPLIN, C. J. : The timber of home-grown Douglas fir (*Pseudotsuga taxifolia* Brit), Forest Products Research Bulletin, No. 10, Dept. of Sc. and Ind. Res., (1931)
- 35) CHAPMAN, H. H. : The Application of Line Thinning, Jour. Forestry, 48, (1950) p. 204
- 36) ——— : Effects of thinning on yields of forest-grown longleaf and loblolly pines at Urania, La. Jour. Forestry, 51, (1953) p. 16~26
- 37) COMTES, R. : International Union of Forest Research Organization 11, ième Congrès Rome, (1943) p. 43
- 38) COTTA, V. H. : Anweisung zum Waldbau, 3 Aufl. (1821)
- 39) CRAIB, I. J. : The Place of Thinning in Wattle Silviculture and its Bearing on the Management of Exotic Conifers, Ztschr. f. Weltforstwirtschaft herausgegeben von Prof. Heske, Tharandt. Bd. 1, (1933) p. 77
- 40) ——— : Thinning, pruning and management studies on the main exotic conifers grown in South Africa, So. Africa Dep. of Agr. and Forestry Sci. Bul. 196, (1939)
- 41) DAVIS, K. : A method of determining spacing in thinning, Jour. Forestry 33, (1935) p. 80~81
- 42) EDLIN, H. L. : The Forester's Handbook, London, (1953)
- 43) ENGLER, A. : Die Hochdurchforstung, Mitt. d. Schweiz. Zentralanst. f. d. forestl. Versuchswes. Bd. XIII, Heft 2, (1924)
- 44) EYRE, F. H. and P. ZEHNGRAFF : Red pine management in Minnesota, U. S. Dep. Agr. Circ., 778, (1948)
- 45) FERGUSON, R. H. : Nomogrammen ter berekening van het stamtal bij hoogtestamtaaldunning, Buitenzorg, Java, (1933)
- 46) FLENTJE and R. G. GOUGH : The application of line thinning to the forests of east Anglia, Emp. Forest. Rev. 25, (1946) p. 202~213
- 47) FLURY, Ph. : Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf Zuwachs und Form der Fichte und Buche, Mitt. f. d. forstl. Versuchswes. Bd. VII, (1903)
- 48) Forestry Commission : Growth and Yield of Conifers in Great Britain, Forestry Commission (Great Britain) Bulletin No. 10, (1928)
- 49) ——— : The thinning of plantation, Forestry Commission (Great Britain) 2nd. ed. Forest Operation Series No. 1, (1951)
- 50) ——— : Forestry Practice, Forestry Commission (Great Britain) 5th. ed. Forestry Commission Bulletin No. 14, (1951)
- 51) GAINS, E. M. : A longleaf pine thinning study, Jour. Forestry, 49, (1951) p. 790~792
- 52) GANGHOFER, A. : Das forstliche Versuchswesen, Bd. 2. Augsburg, (1884)
- 53) GARNER, F. H. and H. G. SANDERS. : Experiments on the spacing of sugar beet, Jour.

- Agric. Sci. 29, (1939) p. 58~68
- 54) GEHRHARDT, E.: Fichtenschnellwuchsbetrieb, Allg. Forst- u. Jagdztg. (1925)
- 55) ———: Ertragstafeln für reine und gleichartige Hochwaldbestände von Eiche, Buche, Fichte, Grüner Douglasie und Lärche. 2 Aufl. Berlin, (1930)
- 56) GEVORKIANZ, S. R.: The approach of northern hardwood to normality, Jour. Forestry, 35, (1937) p. 487~489
- 57) ———: More about numerical expression of stocking in terms of height, Jour. Forestry 45, (1947) p. 203
- 58) GROSENBAUCH, L. R.: Plotless Timber Estimates—New, Fast, Easy., Jour. Forestry, 50, (1952) 32~37
- 59) 原 音吉: 四ツ谷丸太, 大日本山林会報, 119, (1892) p. 1~38
- 60) HART, H. M. J.: Stamtal en Dunning, Wageningen, (1928)
- 61) HARTIG, G. L.: Anweisung zur Holzzucht für Förster, Marburg, (1791)
- 62) ———: Anweisung der Durchforstung, 2 Aufl, (1796)
- 63) ———: Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forsten, 3 Aufl, Giessen, (1813)
- 64) HAUG: Die Stammzahrfrage und ihre Bedeutung für die Bestandespflege, Allg. Forst- u. Jagdztg. (1889)
- 65) ———: Beiträge zu der Durchforstungsfrage, Allg. Forst- u. Jagdztg., (1894)
- 66) HAWLEY, R. C.: The Practice of Silviculture, 1st ed. New York, (1921)
- 67) ———: A second progress report of the results secured in treating pure white pine stands on experimental plots at Keene, New Hampshire, Yale Univ. School of Forestry, Bull. 20, (1927)
- 68) ———: Observation on thinning and management of eastern white pine (*Pinus strobus* LINNAEUS) in Southern New Hampshire, Yale Univ. School of Forestry, Bull. 42, (1936)
- 69) HAWLEY, R. C. and D. M. SMITH: The Practice of Silviculture, (1954)
- 70) 早尾丑磨・渡辺 全: 日本の林業, (1930)
- 71) HECK, C. R.: Ueber Baumklasseneinteilung und Güte der Waldbäume, Schweis. z. f. Forstwes. 82, (1931) p. 196~197
- 72) ———: Handbuch der freien Durchforstung, Stuttgart, (1931)
- 73) HEIBERG, S. O.: Thinning Problems and Practices in Denmark, State Univ. of New York. Pub., No. 76, (1954)
- 74) HENRIKSEN, H. A.: Durchforstungsversuch in einem Bestand von Sitka-Fichten, (Danish with German Summary) Det. Forstl. Forsögsv. i Danmark Bd. XX Heft. 5, (1951)
- 75) ———: Durchforstungsversuch in Junger Buchen-Bestand, (Danish with German Summary) Det. Forstl. Forsögsv. i Danmark Bd. XX. Heft 5, (1951)
- 76) ———: Revision dune experience de coupes déclaircies de hetre dans les forets de le municipalité de Århus (Danish with French Summary), De. Forstl. Forsögsv. i Danmark, B. d. XX. Heft 5, (1951)
- 77) HEYER, C.: Anleitung zu forstlichen Untersuchungen, Gissen, (1846)
- 78) HILEY, W. E.: Craib's thinning prescription for conifers in South Africa, Quart. Jour. Forestry 42, (1948) p. 5~19
- 79) ———: Woodland Management, London (1954)
- 80) 平井信二: パルプ資材としての北海道産樹種の研究並に其の育林的考察, (第4報) アオトドマツ及びカラマツ林の重量生産成果, 日林研論集, (1942) p. 264~265

- 81) HUMMEL, F. C.: The Bowmont Norway spruce sample plots, *Forestry* Vol. XXI, (1947)
- 82) ————— and J. CHRISTIE: Revised yield tables for conifer in Great Britain, Forestry Commission, *Forest Record* 24, (1953)
- 83) —————: The definition of thinning treatment, IUFRO Sec. 23, No. 4, (1953)
- 84) —————: Studies of Growth and Yield, Forestry Commission (England) Report on Forest Research for the Year Ending 1953, (1954)
- 85) India: Classification of Thinning, *Forest Bull.* No. 52, Superintendent Government Printing India Calcuta (1922)
- 86) —————: The Statistical Code, *Silvicultural Research Manual for Use in India* Vol. 11, (1931) p. 217
- 87) ILVESSALO, L.: A tree classification and thinning system, *Acta forestalia fennica*, Helsinki, 34, (1921)
- 88) ILVESSALO, Y.: Performance of thinning experiments in Finland, IUFRO XI ième Congres Rome 1953, (1954) p. 589~593
- 89) IUFRO 10th Congress, Zurich 1948: Thinning experiment of research institute in the Sihlwald. Zurich, (1949)
- 90) JAGD, T.: The "Active" Method of Thinning, *Thinning Problems and Practices in Denmark*, State University of New York Pub., No. 76, (1954) p. 59~74
- 91) JEDLINSKI, W. u. GROCHOWSKI: Grundsätze der Methodik forstlicher Forschungs- und Versuchsarbeiten in Polen, Warschau, (1932)
- 92) JOEGENSON, C.: The Danish thinning method, *Brit. Columbia Lumberman*, 33, (1949) p. 57~58, 76.
- 93) JOLYET, A.: *Traite Pratique de Sylviculture*, Paris, (1916) p. 99
- 94) JUNACK, C.: *Durchforstung der Kiefer*, 4 Aufl. Neudamm., (1931)
- 95) JUNCKER, F.: Selection Thinning in Denmark, *Thinning Problems and Practices in Denmark*, State University of New York Pub., No. 76, (1954)
- 96) 鍋木徳二: ユナーグ式の赤松間伐法, *大日本山林会報*, 495, (1924) p. 1~16
- 97) 金山勝之: 二宮尊徳翁の山林観, *山林*, 629, (1935)
- 98) 加納 孟: 成長と材質, *日林協*, (1955)
- 99) 河田 杰: あかまつ及びからまつ植栽の疎密が成林に及ぼす影響 1, *林試報*, 25, (1925)
- 100) —————: 間伐に就て, *石川県山林会報*, 33, (1933)
- 101) —————: 間伐と林内簡易統計, (1943)
- 102) —————, 金谷与十郎: あかまつ及びからまつ植栽の疎密が成林に及ぼす影響 (終結報告), *林試報*, 41, (1949)
- 103) —————: 木島藤太郎: 林木の枝張りに関する研究, *林試報*, 41, (1949)
- 104) —————: 間伐形式図と其の説明, (1949)
- 105) —————: スギ間伐試験の成績 (2), *林試報*, 76, (1954)
- 106) Kenya: An economic survey of forestry in Kenya, Colony and Protectorate of Kenya, (1950)
- 107) KIRA, T., OGAWA, S. and SAKAZAKI, N.: Intraspecific competition among higher plants. I., Competition-yield-density interrelationship in regularly dispersed populations, *Jour. Inst. Polytech. Osaka City Univ.*, (1953)
- 108) 吉良龍夫・穂積和夫・小川彦人・土野善和: 植栽密度の生態学的考察, *園芸学研究集録*, 6, (1953) p. 69~81
- 109) 木梨謙吉: 推計学を基とした測樹学, (1954)

- 110) 北村義重：北海道主要樹種の全乾材に於ける年輪幅と比重並に圧縮強さとの関係について，北海道林試時報，46，(1943)
- 111) KITCHINGMAN, G. D. : An Outline of French Silviculture Literature, Forestry XXV (2), (1952) p. 133~142
- 112) KOJESNIK, M. : Die Bestandspflege mittelst der Lichtung nach Stammzahltafeln und ein Vorschlag zur Bildung einer normalen Lichtungstafel, (1898)
- 113) 近藤 助：欧米林業管見，(1941) p. 182
- 114) ————：潤葉樹用材林作業，(1951) p. 118~157
- 115) KÖSTLER, J. : Waldbau, Berlin, (1950) p. 242~255
- 116) ————：Ansprache und Pflege von Dickungen, Forstwiss. Forsch. 1., (1953) p. 80
- 117) KRAFT, G. : Zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungen, Hannover, (1884) p. 22
- 118) KRISHNASWAMY, V. S. and G. S. MATHANDA, : An investion cycles for young Chir (*Pinus longifolia*) at Neu Forest, Dehra Dun, Indian Forest Bull., 127, (1953) p. 1~10
- 119) KRISHNASWAMY, V. S. : Thinning research in India, IUFRO XI Congres Rome, (1953) p. 603~611
- 120) KUNANZ, H. : Der Wirtschaftliche Sinne des Durchforstungs, Der Deutsche Forstwirt., (1937)
- 121) LANGSAETER, A. : On tynning i enaldret gran-og furuskog, Meddel. f. d. Norske Skogforsøksvesen, 8, (1941) p. 131~216
- 122) LASCHKE, C. : Geschichtliche Entwicklung des Durchforstungs-betriebes in Wissenschaft und Praxis bis zur Gründung der Deutschen Forstlichen Versuchsanstalten, Neudamm, (1902)
- 123) LEXEN, B. : Bole area as an expression of growing stock, Jour. Forestry, 41, (1943) p. 883~885
- 124) LÖNNROTH, E. : Untersuchungen uber die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, Acta forestalia fennica, Helsinki, 30, (1926)
- 125) LOREY, T. : Unsere Durchforstungsversuche. Allg. Forst- u. Jagdztg., (1901)
- 126) LÖVINGREEN, J. A. : Thinning of Beech in Denmark since 1900, illustrated statistically and assessed theoretically, (Danish with English Summary) Det. forstl. Forsøgsv. i Danmark Bd. XX, Heft 4, (1951)
- 127) ————：Fra Bregentveds Egeskove, Dansk Skovf. Tidsker, (1951)
- 128) MACDONALD, J. : Sample plots methods in Great Britain, Empire Forestry Jour., 10, (1931) p. 241~258
- 129) MACKINNEY, A. L. and L. E. CHAIKEN : A method of determining density of loblolly pine stands, U. S. F. S., Appalachian Forest. Exp. Sta. Tech. Note, 15, (1935) p. 3
- 130) 前橋營林局造林課：間伐指針表，(1952) p. 27
- 131) MANN, W. F. : Response of Loblolly pine to thinning, Jour. Forestry, 50, (1952) p. 443~446
- 132) 丸山岩三・佐藤 正：林木および林分の葉量に関する研究（第1報）岩手地方のアカマツについて，林試報，27，(1957) p. 1~28
- 133) MATHAUDA, G. S. : A study into the thinning intensities for plantation sal (*Shorea robusta*), Ind. Forestry 79 (3), (1953) p. 152~158
- 134) MATHEWS, D. M. : Management of American Forests, New York, (1935)
- 135) MARTIN, H. : Folgerungen der Bodenreinertagstheorie für die Erziehung und Umtriebszeit der Wichtigsten Deutschen Holzarten, (1899)

- 136) ———: Kritische Vergleichung der wichtigsten forsttechnischen und forstpolitischen Massnahmen der Deutschen und ausserdeutschen Forstverwaltungen, z. f. Forst- u. Jagdwes., (1902)
- 137) 松本利平: 立木本数について (間伐の新方式), 山林, 779, (1949) p. 1~9
- 138) 松下規矩: 間伐木の選木作業に収穫表を利用することについて, 局報, 15号, (1952) p. 83~86
- 139) MAYTON, E. L.: Cotton spacing, Ala Agric. Expt. Sta. Cir., 76, (1939)
- 140) METZGER, K.: Dänische Reisebilder, Mündener forstliche Hefte, Heft IX, (1899) p. 71
- 141) MICHAELIS, C.: Gute Bestandspflege und Starkholzzucht, Neudamm, (1907)
- 142) 三重県農林部: 三重県林業の実態, (1950)
- 143) MIETTINEN, L.: Über Durchforstungsskalen und ihre Anwendung, Comm. Instituti Forestalis Fenniae 16, Helsinki, (1930)
- 144) MILLER, W. D.: Thinning Old-Field Virginia Pine, Jour. Forestry, (1951) p. 884~887
- 145) 嶺 一三: 収穫表に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調製, 収穫表調製業務研究資料, 12, (1955)
- 146) MITCHELL, H. C.: Regulation of farm woodlands by rule of thumb, Jour. Forestry, 41, (1943) p. 243~248
- 147) 三好東一: ヒノキに関する材質の生態的研究理化学的の性質に関する調査試験, (1951) p. 101~210
- 148) MÖLLER, C. M.: Starke Durchforstung in dänischer Beleuchtung, z. f. Forest- u. Jagdwes., (1931) p. 369
- 149) ———: "Skovdgrkningens Udvikling 1888~1938" i bogen Danmars Skove, København, (1938)
- 150) ———: Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduction des Waldes, Det. Forstl. Forsögsv. i Danmark XVII Bd., (1945)
- 151) ———: The effect of thinning, age and site on foliage, increment, and loss of dry matter, Jour. Forestry, 4, (1947) p. 239~404
- 152) ———and E. HOLMSGAARD: Crown thinning, low thinning and selection thinning in Norway Spruce, (Danish with English Summary) Et Forsög i Rodgran., (1947)
- 153) ———and J. NIELSEN: Testing of the Danish yield tables of 1933 for Beech, Oak, and Norway spruce (Danish with English Summary), Dansk, Skoof. Tidsskr., (1953)
- 154) ———: Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes, Det Forstliche Forsögsv i Danmark, 17, (1954) p. 1~287
- 155) 開司正三: 植物群落生態学の現状について, 日生態会, 4, (1954) p. 34~35
- 156) 森庄三郎: 挿画吉野林業全書, (1898)
- 157) MOROSOW, G. F.: Die Lehre vom Walde, (1928)
- 158) MULLOY, G. A.: A practical measure of stock density in red and white pine stands, Forestry Chronicle 19, (1943) p. 108~118
- 159) ———: Empirical stand density yield tables, Canadian Dominion Forest Serv. Res. Note, 73, (1944) p. 22
- 160) ———: Stand density vs., stand bole area and stand intensity indices in even-aged stands, Forestry chronicle, 20, (1944) p. 167~170
- 161) ———: Rules of thumb of thinning, Jour. Forestry, 44, (1946) p. 735~737
- 162) ———: Empirical stand density yield tables, Canadian Dominion Forest Serv. Silv. Res. Note 82, (1947) p. 54
- 163) ———: Calculation of stand density index for mixed and two-aged stands, Canada

- Dominion Forest Serv. Silv. Leaflet 27, (1949) p. 2
- 164) 中村賢太郎：シェーデルン氏の樹型級別に就て，山林，581，(1931) p. 6～9
- 165) ————：法正林の蓄積と生長との関係に就て（特に間伐の重要性に関する考察），東大演報，13，(1931) p. 1～7
- 166) ————：育林学原論再版，(1937)
- 167) ————：本数間伐の構想，林業技術，123，(1952) p. 15～16
- 168) ————：間伐の強さと材積収穫の多少，日林誌，35，(1953) p. 409～410
- 169) ————：枝打をおこなう必要があるか，造林講座，(1954) p. 139～141
- 170) 中村信之：天龍のスギ林業，スギの研究，(1950) p. 649
- 171) NISBET, J.: The Forester 1, (1905) p. 51～55
- 172) 日南市：飢肥杉の芽，(1952)
- 173) 飢肥営林署：三ツ岩参考林，(1955)
- 174) ————：飢肥杉の造林，(1955)
- 175) OELKERS, J.: Waldbau, Schaper, Hannover, (1930～1937)
- 176) PEARSON, G. A.: Age-and-vigor classes in relation to timber marking, Jour. Forestry, 44, (1946) p. 652～659
- 177) POLSTER, H.; Die physiologischen Grundlagen der Stofferzeugung in Walde, (1950)
- 178) PETERSON, H.: Utvechlingsprognoser för skogsbestånd, Exkursion 11 v. nordisk skogskongress. Stockholm, (1937)
- 179) RAVE: Die Durchforstungsfrage, das Kernproblem der Forstwirtschaft, Der Deutsche Forstwir. (1933) p. 21～23, 29～34
- 180) REINEKE, L. H.: Perfecting a stand-density index for even-aged forests, Jour. Agric. Res., 46, (1933) p. 627～638
- 181) REVENTLOW, C. D. F.; Grundsätze und Regeln für den zwechmässigen Betrieb der Forste. Herausgegeben von Grön, H., (1934)
- 182) 林野庁：林業統計要覧，(1955) p. 93
- 183) ————：日本の林業，(1955) p. 166
- 184) SABROE, A. S.: Forestry in Denmark, Danish Forestry Soc., Copenhagen, 2nd ed., (1947)
- 185) ————：Forestry in Denmark, Danish Forestry Soc., Copenhagen, 3rd ed., (1954)
- 186) 坂口勝美：ヒノキ育林学 (1952) p. 157
- 187) ————：間伐の考え方，造林講座，(1954) p. 104～114
- 188) ————・土井恭次・安藤 貴：立木密度からみたアカマツ幼令林の生産構造，アカマツに関する研究論文集，(1954) p. 312～327
- 189) ————・———・———・福田英比古：本数密度から見たアカマツ天然生幼令林の解析，林試報，93，(1957) p. 1～24
- 190) 斎藤実正：日向弁甲材，熊本営林局，(1955)
- 191) ————：飢肥杉の部分林，飢肥営林署，(1955)
- 192) 佐田一至・大城川次郎・小池益美：アカマツ及びカラマツ植栽の疎密が成林状態に及ぼす影響 3，林試報，37，(1941) p. 37～120
- 193) 佐藤敬二：イルヴェツァロ氏の芥蘭式樹型級別及び間伐方式，日林誌，14，(1932) p. 227～230
- 194) 佐藤大七郎・中村賢太郎・扇田正二：林分生長論資料1，立木密度のちがう若いアカマツ林，東大演報，48，(1955) p. 65～90
- 195) SCHÄDELIN, W.: Über Klasseneinteilung und Qualifikation der Waldbäume, Schwiz. z. f. Forstwes. 82, (1931) p. 1～12

- 196) ——— : Die Durchforstung, 2. Aufl., (1936)
- 197) SCHLICH, W.: Manual of Forestry, Vol. 11, 4th ed., (1910)
- 198) SCHÖBER, R.: Die Japanische Lärche, (1953)
- 199) SCHOTTE, G.: Über Durchforstungsversuche, Meddel. f. stat. Skogsförsöksanstalt. H. 9. Stockholm, (1912) p. 115~133
- 200) ——— : Über Durchforstung, Mitt. d. forstl. Versuchsanstalt Schwedens. H. 9. Stockholm, (1912) p. 331
- 201) SCHWAPPACH, A.: Die Durchforstungsversuche, Allg. Forst- u. Jagdztg. (1901)
- 202) ——— : Die Rotbuche, Neudamm. (1911) p. 171
- 203) ——— : Ertragstabeln der wichtigsten Holzarten, (1912)
- 204) Schwedens: The Swedish Institute of Experimental Forestry, Particular Catalogue, The Jubilee Exhibition in Gothenburg, (1923)
- 205) SEEBACH, V.: Über die Durchforstung besonders im Buchenhochwalde, Forstliches Cotta-Albam, Breslau. (1844)
- 206) 扇田正二・前沢完次郎: Bitterlich 法による林分胸高断面積の測定装置について, 東大演報, 10, (1955) p. 69~76
- 207) SIEFERT: Die Versammlung des internationalen Verbands forstlichen Versuchsanstalten, Allg. Forst- u. Jagdztg., (1904)
- 208) SIMMONS, E. M. and G. L. SCHNUR: Effect of stand density on mortality and growth of loblolly pine, Jour. Agr. Res. 54, (1937) p. 47~58
- 209) SINGH PARTAP: Basic thinning. I. F. S. Pb. Ambala. (1954)
- 210) Sitzungsbericht der IV: Versammlung des Internationalen Verbands forstlicher Versuchsanstalten zu Mariabrunn, Zbl. f. d. ges. Forstwes. Wien, (1903)
- 211) Society of American Foresters: Forestry Terminology, (1950)
- 212) SPURR, S. H.: Forest Inventory, Ronald Press, New York, (1952) p. 205~370
- 213) STAHELIN, R.: Thinning even-aged loblolly and slash pine stands to specified densities, Jour. Forestry, 47, (1949) p. 538~540
- 214) 高原末基: スギおよびヒノキの枝打が幹の生長におよぼす影響, 東大演報, 46, (1954) p. 1~95
- 215) 高村邦太郎: 高村式間伐法, 林業技術, 118, (1951) p. 18~19
- 216) 田中波慈女: ユナーク氏の間伐法, 東京林友, 112, (1924) p. 145~147
- 217) ——— : 日本式間伐, 研修, 1, (1938) p. 4~15
- 218) 寺崎 渡: 落葉松ノ間伐, 林試報, 2, (1905) p. 97~176
- 219) ——— : 実験間伐法要綱, (1928)
- 220) ——— : 東北地方の植栽林の間伐に就て, 造林技術講演集, 青森林友協会, (1947)
- 221) ——— : アカマツ植栽林の構造上の特徴とそのマビキの仕方及び林の成長曲線について, アカマツに関する研究論文集, (1954) p. 277~285
- 222) 戸田良吉: 枝張の程度のあらわしかた, I キリシマアカマツでしらべた一例, 日林誌, 35, (1953) p. 385~388
- 223) ——— : 枝張の程度のあらわしかた, II スギクモトオンとヒウガアカマツでの影響, 日林誌, 36, (1954) p. 123~127
- 224) 東京営林局: 天龍川流域龍山村に於ける民有林経営調査報告書, (1951)
- 225) 徳川宗敬: 江戸時代に於ける造林技術の史的研究, (1941)
- 226) TURNBULL, J. H.: Some factors affecting wood density in pine stems, Brit. Emp. For. Conference, (1947)

- 227) 植杉哲夫・岩手地方赤松林の成長収穫並びに施業法に関する研究, 収穫表調製業務研究資料, 第 1 号, (1952)
- 228) ———— : 育林, 育林綜典, (1954) p. 265~346
- 229) 牛山六郎: 胸径に基準をおく間伐法, 長野営林局局報, 21, (1954) p. 12~23
- 230) U, S. Dept. Agric. Pub. No. 50
- 231) U. S. A.: Managing the small forest, U. S. Dept. Agric. Farmers Bulletin No. 1989, (1947)
- 232) VANSELOW, K.: Einfuehrung in die forstliche Zuwachs und Ertragslehre. I. D. Sauerlaender, Frankfurt, a. m. 3rd ed., (1948)
- 233) VEEN, B.: Study of Forest Plants, Report on the test-areas of the international provenance tests with pine, spruce and larch of 1938/39 and 1944/45, and suggestions for further treatment and assessments, Int. Union For. Res. Org. Section, 22, (1953)
- 234) WAHLENBERG, W. G.: Thinning yellow-poplar in second-growth upland Hardwood stands, Jour. Forestry, 50, (1952) p. 671~676
- 235) WESTVELD, R. H.: Applied Silviculture in the United States, 2nd ed., (1949)
- 236) WICHT, I. C. L.: Zur Metodik des Durchforstungsversuchs, Dresden, (1934)
- 237) WIEDEMANN, E.: Anweisung für die Aufnahme und Bearbeitung der Versuchsflächen der Preussischen forstlichen Versuchsanstalt, (1931)
- 238) ———— : Die Rotbuche 1931, Hannover, (1932)
- 239) ———— : Die Fichte 1936, Hannover, (1937)
- 240) ———— : Ertragstafeln für Fichte, Buche, Douglasie, (1938)
- 241) ———— : Die Kiefer 1948, Hannover, (1948)
- 242) ———— : Ertragstafeln der Wichtigsten Holzarten, Hannover, (1949)
- 243) ———— : Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft, Frankfurt am Main, (1951)
- 244) WILSON, F. G.: Numerical expression of stocking in terms of height, Jour. Forestry, 44, (1946) p. 758~761
- 245) ———— : Control of growing stock in even-aged stands of conifers, Jour. Forestry, 49, (1951) p. 692~695
- 246) WIMMENAUER, K.: Wachstum und Ertrag der Rotbuche in Ober-hessen, (1893)
- 247) WOHLFARTH, E.: Das Ende der Durchforstung Ein Beitrag zur Erziehung der Bestockung, Allg. Forst- u. Jagdztg., 123, (1952) p. 160~170
- 248) WOOLSEY, T. S.: Studies in French Forestry, (1920) p. 108
- 249) 山崎栄喜: 林業雑観, 林業技術, 127, (1952) p. 30~31
- 250) ———— : 間伐の基礎的考察, 日林誌, 26, (1944) p. 8
- 251) 山内規矩馬: 飮肥スギの林業, スギの研究, (1950) p. 587~588
- 252) 吉田正男: 同令単純林に於ける単木及林木の生長曲線に関する研究, 東大演報, 5, (1928)
- 253) ———— : 理論森林経理学, (1935) p. 170~174
- 254) 全国山林会連合会: 天龍川流域林業経営調査報告書, (1938)

Studies on Basic Factors in Thinning

Katsumi SAKAGUCHI*

(Résumé)

Thinning is one of the most important techniques in silviculture, and the quality and size of produced timber are greatly affected by the suitability of thinning.

The method of thinning varies not only with such factors as tree species and natural conditions, and other silvicultural techniques such as planting number and pruning, but also with the manager's will, the kind and size of timber to be produced, cutting period, timber price and worker's wage as affected by the social and economical situation. A tremendous number of reports have been published on this subject since the 16th century, and it is not an easy matter to look over all of those papers and to discuss them.

On the basis of examining in detail as many previous papers as possible in this article, the author studied the practical thinning methods in our national forest and prominent private artificial forests, discussed a number of important problems in thinning, and then established a unique guiding principle.

This article consists of two parts and five chapters. The author examined the problems in thinning discussed so far in Part I, which was divided into the following three chapters: Chap. 1, the historical development of thinning, Chap. 2, the qualitative thinning, and Chap. 3, the quantitative thinning.

In Chapter 1, a historical review was made about the thinning techniques which have been developed in Germany, Switzerland, Denmark, England, Finland, France, the United States, and Japan. In other words, those techniques were examined chronologically, and the problems in them were extracted and arranged systematically. Thus, the background was established to discuss the thinning techniques from a methodological point of view in Chaps. 2 and 3.

In Chapter 2, the qualitative methods of thinning were discussed. At first, the so-called "utilizing thinning technique" was empirically developed in Germany, this being the method of cutting the trees that might wither to be left. Then, this technique developed into a nursing thinning technique, and the latter got much more scientific. In this first stage, a qualitative thinning technique was established on the basis of a tree-class. The classification of tree-class depends mainly on the condition of crown and the quality of stem, and many systems of tree-class have been proposed by researchers or foresters in various countries. The author classified and reviewed them in detail, and then examined their characteristics. Those systems were classified according to the difference in selecting the trees to be thinned. The qualitative thinning technique based on a tree-class has been quite popular in western countries, and has also been in the main current of thinning techniques in Japan.

According to the author's strict criticisms from several points of view, there are the following disadvantages in these qualitative thinning techniques. The classification of tree-class varies with the person who carries on thinnings and the selection of trees to be thinned

* Chief of Silviculture Division, Government Forest Experiment Station, Meguro, Tokyo, Japan.

should be influenced by personal subjectivity. Consequently, the grade of thinning (the amount to be thinned) varies with the stand composition and other factors even in the same kind of thinning.

The object of thinning exists in the quantitative and qualitative improvement of timber production under certain managerial and economical requirement, and it is very clear that this objective cannot be attained only by qualitative thinning based on a tree-class and that there should be a necessary development from the qualitative thinning to the quantitative one. The tree-class for the quantitative thinning should be simplified very much, because it is free from such an unreasonable requirement that the tree-class for the qualitative thinning is expected to satisfy. In other words, the latter is expected not only to serve as the standard for selecting the trees to be cut, but to make the thinning quantitative.

Regarding how to select the trees to be thinned, moreover, the author discussed the characteristics of various kinds of thinnings, such as the low-, crown-, selection-, quality-, mechanical-, free-, group-, pruning- and racial-thinning.

In Chapter 3, a historical development and basic principle of the quantitative thinning, and the methods of determining the amount to be thinned and of selecting the trees to be cut were reviewed and criticized in detail.

The quantitative method in thinning results from the concern about how the total volume yield per one unit area, including thinning and final cutting, varies with the intensity of thinning, namely, a stand density. The effect of the thinning intensity on the total yield has been a pending problem for a long time since the earlier stage in the development of thinning technique.

After examining the results in many previous papers, the author came to the conclusion from the following evidences that the total amount of yield, including thinned timber, for the whole period of production is not significantly affected by the intensity of thinning. The evidences mentioned above are as follows:

(1) The conclusion from the experimental results of the comparative study on the intensity of thinning, according to MÖLLER (see Fig. 3), WIEDEMANN (see Table 2), and others.

(2) The relationship between the density and yield studied with one-year crops, according to KIRA et al. (see Lit. 108), and the hypotheses of the relationship between the density and yield for trees, perennial plants of a sort, based on the results with one-year crops, according to BAKER (see Fig. 4) and LANGSAETER (see Fig. 5).

(3) The conclusion from the experimental results of the comparative study on the stand density, according to the data obtained at the permanent experimental plots of Japanese red pine (*Pinus densiflora*) designed by NAKAMURA (see Table 3).

(4) The results from the periodical analyses of growth in the natural stands of Japanese red pine with different stand densities, which was done for each group of tree height, according to SAKAGUCHI et al. (see Figs. 6 to 11).

As mentioned above, it is clear that the total amount of stem yield is not significantly affected by the intensity of thinning in the ordinarily managed forests. Therefore, the key point of thinning will be to establish the method to produce a given size or quality of timber not by controlling a cutting period, but by controlling the stand density after thinning. Thus, the quantitative thinning arises.

For the quantitative thinning, there are a number of publications describing the method of determining an appropriate stand density, according to which there are the methods due

to yield table, to diameter breast high or height, to basal area, and so on. Many practical procedures have also been proposed for each of those methods. The author reviewed and criticized the advantages and disadvantages of those methods and procedures in detail.

Based on the discussion in Part I, the author analysed and discussed the data collected by the author in Part II, which was divided into the following two chapters: Chap. 4, the theory of growth and the structure of production in stands, and Chap. 5, the thinning schedule to meet the aim of management.

In Chapter 4, the growing process from planting to cutting was divided into six stages, by which the growing process of trees was discussed in detail. The classification of stand structure was reviewed on the basis of many previous papers.

On examining various indicators for stand density, it seemed to the author that the following was the most suitable to indicate it; a stand density formula proposed by REINEKE,

$$\log N_{max} = -1.605 \log D + K,$$

where N_{max} stands for the maximum tree number per acre, D for diameter breast high in inches of average tree, and K for a constant due to species, and the stand density index (SDI) which can be calculated using the formula mentioned above. The maximum stand density formulae were derived for the following major species in our forestry, based on the data obtained in unthinned stands or the stands close to unthinned:

$$\textit{Cryptomeria japonica} : \log N_{max} = -1.6307 \log D + 5.5010$$

$$\textit{Chamaecyparis obtusa} : \log N_{max} = -1.3563 \log D + 5.1365$$

$$\textit{Pinus densiflora} : \log N_{max} = -1.6383 \log D + 5.3330$$

$$\textit{Larix leptolepis} : \log N_{max} = -1.7273 \log D + 5.3773 \text{ (in meters)}$$

Concerning the structure of production in stands, the increment, amount of leaves, stem shape, production efficiency and other factors were examined with reference to the stand density.

In Chapter 5, the diameter breast high, tapering, density of annual rings, knot, clear-length, and crown ratio were pointed out as the important factors to indicate the quality of produced timber, and how those factors vary with the difference of stand density during the period of production was examined.

Considering the growth pattern of stands or individual trees, the following ten important relations were recognized among the factors in connection with the determination of thinning schedule, which is necessary to control the size and quality of produced timber according to the managerial requirement.

(1) In the stands over 60% of full basal area, an annual increment is not significantly affected by the stand density. The total yield (final yield plus thinned timber volume) at the same site is also not significantly affected by the thinning intensity, within an ordinary range.

(2) The total volume per one unit area increases with the increased density and comes to be constant above a certain density, with a height class. With the increased height, the density, with which the total volume per one unit area comes to be constant, decreases. To produce the timber of the size and quality to satisfy the managerial requirement, therefore, we must control the density by planting number or by thinning.

(3) Comparatively small basal area should be adopted for the case in which the increase of diameter growth is desirable even at the sacrifice of final yield.

(4) Comparatively large basal area should be adopted for the case in which we expect to increase the final yield and to get less tapering timber with longer clear-length. In this

case, however, the diameter growth should be much smaller.

(5) The planting number, time for the first thinning, intensity of thinning in the earlier stage, and cutting period are very important factors in controlling the quality of timber.

(5-A) To produce knotless timber by long cutting period, the trees should be grown to have 50% of crown ratio and 4 to 8 meters of clear-length, in as early a stage as possible.

(5-B) To expect only the increase of timber volume, say, for pulp, we should adopt the stand density with which the total yield comes to be constant, and also which should be for the smallest diameter necessary for use. By so doing, we could expect the best growth both of diameter and volume.

(5-C) The earlier thinning or reduced planting number will be desirable for the species sensitive to light. Trees of those species have much less crown ratio with the greatly increased density, and such a crown ratio is not recovered by delayed thinning.

(6) To produce non-tapering timber, the increased density should be necessary.

(7) To produce the timber with uniform annual rings, it is necessary to plant many more trees and to thin more times.

(8) It is ideal to repeat the thinning as many times as possible, but one of the standards for the thinning time is every certain increment in height, for instance, 2 to 3 meters. To miss an appropriate time for the first thinning mentioned in (5), the whole schedule of timber production might be fatally affected. Within a certain reasonable range, however, it will not be so affected unless the mistake is repeated with regard to the time to repeat thinning or to the intensity of thinning.

(9) To term the sunny crown above the layer with the maximum leaves and the shaded crown below it, the latter hardly takes part in the stem growth.

(10) The ratio of stem increment to total volume increment (stem+branches) increases a little with the increased density.

Considering the market price of forest product (timber), the thinning schedule will be determined by the planting number, time for the first thinning (to control clear length), thinning intensity (to determine the trees to be left after thinning and thinned trees), method of thinning (to select thinned trees), and the interval to repeat thinning. So the author discussed these factors in detail, and studied the thinning schedule in the light of the ten important relations described above.

Then, the author studied how the stand density varied with the managerial requirement. In other words, the stand density index was examined for the practical examples of yield tables for our national forest and prominent private artificial forests, based on the standard lines of maximum stand density for our major conifers, which were derived from the conception of full density by REINEKE (see Chap. 4).

The curves introduced from the stand density index are shown in Fig. 25. Examining these curves, we note it is very clear that the characteristics of their thinning schedules shown in Table 14 reasonably meet the managerial and economical requirements when viewed with the ten important relations mentioned above in mind. Those thinning schedules are the dense planting and short cutting period system practiced in YOTSUYA, OWASE, ASHIKITA, NISHIKAWA, and ÔME districts, the dense planting and long cutting period system in YOSHINO district, the medium planting and long cutting period system in our national forest and CHIZU district, the sparse planting and short cutting period system in TENRYU, HIDA, OGUNI, MIYAJIMA, NIKKO, and KITÔ districts, and the sparse planting

and long cutting period system in OBI district.

Then, the author clearly explained the basal factors in connection with preparing the thinning schedule according to the managerial requirement, and the meaning of thinning, on the basis of which he established a reasonable and simplified guide for thinning. The stand density table was prepared based on diameter breast high, because it was clear that the relationship between the mean D.B.H. and tree number per *ha* was not significantly affected by the site. On the other hand, the relationship between the mean height and tree number per *ha* seemed to be affected by the site, and so the table about it was prepared for the medium site.

Finally the author discussed the following problem remaining to be solved. Here the thinning schedule to produce timber according to a certain requirement was inductively prepared as described above. In the future, however, the procedure should be much more improved with the better understanding of the growth and production structure of stands through the experimental results on the stand density, and of the physiological and ecological characteristics of trees.

To summarize and conclude this article: The detail review and criticism have been made on the thinning and pruning techniques, which are the most important in silviculture, on the basis of many theories and various practical procedures which have been in use in Japan and western countries. The thinning techniques were classified systematically, the faults were pointed out about the qualitative thinning based on an old tree-class, and the advantages of the quantitative thinning were explained on the basis of a modern theory on the tree growth and of the production structure of stands. Based on a great number of previous data and experimental results, a practical guide of thinning was established for our major species. The theoretical discussion and clear-cut practical procedures of thinning set forth in this article should make a contribution to the scientific and practical improvement of silviculture.

Conversion Factors

Japanese units used in this article are defined as follows:

Length 1 shaku = 0.3 meter

 1 ken = 6 shaku = 1.8 meters

Area 1 chô = 0.99 hectare